



Muskelaktivitetsbalans i nedre extremiteterna och sambandet med idrottsskador

Pilotstudie av mätmetoder

Sara Clärk

Examensarbete
Utbildningsprogrammet i fysioterapi
2017

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Fysioterapi
Identifikationsnummer:	6164
Författare:	Sara Clärk
Arbetets namn:	Muskelaktivitetsbalans i nedre extremiteterna och sambandet med idrottsskador – Pilotstudie av mätmetoder
Handledare (Arcada):	Thomas Hellstén
Uppdragsgivare:	Arcada
<p>Sammandrag:</p> <p>Det sker över 330 000 idrottsrelaterade skador per år i Finland och antalet ökar ständigt. För att komma åt problemet bör man se över vilka riskfaktorer som finns och hur man kan påverka dem, innan en skada hinner uppstå. Yrkehögskolan Arcada kommer i samarbete med Orton att inleda ett forskningsprojekt inom skadeprevention bland idrottare. Många undersökningar har visat att en muskelobalans mellan framlår och baklår eller mellan höger och vänster ben markant påverkar risken för skada. Arcadas forskningsprojekt gäller användning av smartshorts vid kartläggning av riskfaktorer för skador i nedre extremiteterna. Smartshortsen har inbyggda ytelektroder som mäter muskelaktiviteten (EMG) i framlår och baklår och med hjälp av dem kan man undersöka muskelaktivitetsbalansen. Denna undersökning fungerar som en pilotstudie och går ut på att evaluera de muskeltester som kan komma att användas i den kommande forskningen. Samtidigt undersöks hur en tidigare skada i någondera nedre extremiteten påverkar muskelaktiviteten. I undersökningen deltog 17 fullvuxna licensidrottare. Den slutliga analysen gjordes på 14 personer (sju kvinnor och sju män). Testdeltagarna utförde tre olika typer av muskeltester; knäböj, figur 8-löpning och stående längdhopp. Testdeltagarna fyllde även i ett frågeformulär gällande idrott och tidigare skador. Vid analysen av testresultaten granskades framför allt de relativa sidoskillnaderna mellan nedre extremiteternas EMG-aktivitet och gruppen testdeltagare som hade haft skada i någondera nedre extremiteten jämfördes med den skadefria gruppen. Resultaten visade att knäböj är en väl fungerande och tillförlitlig testmetod, medan övriga testmetoder inte är lika tillförlitliga. Tidigare skada har en betydande inverkan på muskelaktiviteten, men kan ta sig uttryck antingen som ökad eller som sänkt muskelaktivitet i den skadade extremiteten. Anledningen till detta är ännu oklar och fler studier med ett större deltagarunderlag behövs inom området. Inom idrottens skadepreventiva arbete kan smartshortsen i framtiden vara ett användbart redskap vid muskeltester, då de på ett enkelt sätt möjliggör en kartläggning av muskelaktivitetsbalansen även under fältförhållanden.</p>	
Nyckelord:	Muskelaktivitet, muskelbalans, EMG, elektromyografi, smartshorts, idrottsskada, muskeltest, skadeprevention
Sidantal:	47
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	22.8.2017

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Physiotherapy
Identification number:	6164
Author:	Sara Clärk
Title:	Muscle activity balance in the lower extremities and the relation to sports injuries – A pilot study of test methods
Supervisor (Arcada):	Thomas Hellstén
Commissioned by:	Arcada
<p>Abstract:</p> <p>In Finland it annually occurs more than 300 000 sports related injuries and the number is constantly increasing. To be able to address the problem, the possible risk factors and ways to affect on them should be considered – before the injuries occur. Arcada University of Applied Sciences will in cooperation with Orton start a research project about injury prevention among athletes. Many studies have indicated, that a muscle imbalance between front and the back of the thigh or between right and left leg significantly increases the risk of injury. Arcada's research project concerns the use of smartshorts in the survey of injury risk factors in the lower extremities. The smartshorts have inbuilt surface electrodes that register muscle activity (EMG) from the muscles of the front and the back of the thigh and via them the muscle balance can be investigated. This thesis is a pilot study with the purpose of evaluating the muscle tests that possibly could be used in the upcoming research project. At the same time the study investigates how a previous injury in either lower extremity affects the muscle activity. In total 17 adult licensed athletes participated in the study. The final analysis was run on 14 of the participants (seven women and seven men). The participants performed three different types of muscle tests; squats, figure 8-running and standing broad jump. The participants also answered a questionnaire about sports and earlier injuries. In the analysis the side differences between right and left legs' EMG-activity was reviewed and the group of participants who had had an injury in either lower extremity was compared to the group of participants who had not been injured. The results showed that squat is a well functioning and reliable test method, while the other test methods are not as reliable. A previous injury proved to have a significant effect on the muscle activity, but may be expressed either as a heightened or a lowered muscle activity in the injured extremity. The reason for this is still unclear and further studies with larger sample sizes are needed to investigate it. In the future smartshorts may be a useful instrument for identifying sports injury risk factors by muscle tests, and thereby function as a tool for injury prevention among athletes.</p>	
Keywords:	Muscle activity, muscle balance, EMG, electromyography, smartshorts, sports injury, muscle test, injury prevention
Number of pages:	47
Language:	Swedish
Date of acceptance:	22.8.2017

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Fysioterapia
Tunnistenumero:	6164
Tekijä:	Sara Clärk
Työn nimi:	Lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavammojen ennaltaehkäisy – Pilottitutkimus mittausmenetelmistä
Työn ohjaaja (Arcada):	Thomas Hellstén
Toimeksiantaja:	Arcada
Tiivistelmä:	
<p>Suomessa tapahtuu vuosittain yli 300 000 liikuntavammaa ja liikuntatapaturmien määrä kasvaa jatkuvasti. Päästäkseen käsiksi ongelmaan täytyy löytää riskitekijät ja miten niihin voi vaikuttaa, ennen kun liikuntavamma syntyy. Ammattikorkeakoulu Arcada tulee yhteistyössä Ortonin kanssa käynnistämään tutkimusprojektin urheiluvammojen ennaltaehkäisemiseksi. Monien tutkimusten mukaan etureiden ja takareiden tai vasemman ja oikean jalan lihasepätasapaino lisää selvästi urheiluvamman riskiä. Arcadan tutkimusprojekti käsittelee älyshortsien käyttöä alaraajavammojen riskitekijöiden kartoituksessa. Älyshortseissa on sisäänrakennettuja pintaelektrodeja, jotka mittaavat lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavammojen ennaltaehkäisy (EMG) etureidessä ja takareidessä. Niiden avulla voidaan tutkia lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavammoja. Tämä opinnäytetyö toimii pilottitutkimuksena ja sen tavoitteena on arvioida lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavammoja, joita mahdollisesti voi käyttää tulevassa tutkimuksessa. Tämän yhteydessä tutkitaan myös miten aiempi vamma toisessa alaraajassa vaikuttaa lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavamman ennaltaehkäisyyn. Tutkimukseen osallistui 17 aikuista lisenssiurheilijaa. Näistä 14 henkilön (seitsemän miehen ja seitsemän naisen) tuloksia käytettiin lopulliseen analyysiin. Koehenkilöt suorittivat kolme erityyppistä lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavamman ennaltaehkäisyä: kyykky, 8-juoksu ja vauhditon pituushyppy. Testiin osallistujat täyttivät myös kyselylomakkeen koskien urheilu- ja aiempia vammoja. Testitulosten analysoinnissa tarkkailtiin etenkin puolieroja alaraajojen EMG-aktiivisuudessa. Sen ryhmäkoehenkilöitä, joilla oli ollut vamma toisessa alaraajassa verrattiin ryhmään, joilla ei ollut aiempaa alaraajavammaa. Tulosten mukaan kyykky on hyvin toimiva ja luotettava testausmenetelmä, kun taas muut testausmenetelmät eivät ole yhtä luotettavia. Aiempi vamma vaikuttaa selvästi lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavamman ennaltaehkäisyyn, mutta voi esiintyä joko kohentuneena tai alentuneena lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavamman ennaltaehkäisyssä. Se, mikä tähän vaikuttaa, on vielä epäselvää ja vaatii lisää tutkimuksia isommalla osanottajamäärällä. Tulevaisuudessa älyshortsit voivat olla hyödyllinen apuväline urheiluvammojen riskitekijöiden tunnistamisessa lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavamman ennaltaehkäisyssä, ja siten toimia hyvänä työkaluna urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä työssä.</p>	
Avainsanat:	Lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavammojen ennaltaehkäisy, EMG, elektromyografia, älyshortsit, urheiluvamma, lihaskäsi- ja jalkatauti- ja liikuntavamman ennaltaehkäisy
Sivumäärä:	47
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	22.8.2017

INNEHÅLL / CONTENTS

Förord.....	7
1 Inledning.....	8
2 Bakgrund.....	9
2.1 Skelettmuskulaturens funktion	10
2.1.1 Lårets muskulatur	10
2.1.2 Det neuromuskulära systemet.....	13
2.2 Elektromyografi.....	16
2.2.1 EMG-mätning	16
2.2.2 Faktorer som inverkar på EMG-mätningens reliabilitet	17
2.2.3 Sensortextilier.....	18
2.3 Muskelobalans i korrelation till idrottsskador.....	18
2.3.1 Muskelbalansens betydelse	20
2.4 Muskeltest	22
2.4.1 Allmänna principer vid testning	22
2.4.2 Val av testmetod.....	23
2.4.3 Muskeltest genom fältmätningar	24
2.4.4 Uppvärmning	24
2.4.5 Testernas ordningsföljd och återhämtning mellan testerna	25
2.4.6 Tolkning av testresultat.....	26
2.5 Utformning av frågeformulär.....	27
3 Undersökningens syfte och frågeställning.....	28
4 Metod.....	29
4.1 Undersökningens design	29
4.1.1 Testdeltagarna.....	30
4.2 Datainsamling.....	30
4.2.1 Förberedelser och allmän information kring mätningarna	30
4.2.2 EMG-mätning i vila	31
4.2.3 Knäböj	31
4.2.4 Figur 8-löpning.....	33
4.2.5 Stående längdhopp	34
4.2.6 Frågeformulär	35
4.2.7 Smartshorts som mätverktyg.....	36
4.3 Data-analys	36
4.4 Etiska överväganden	37
5 Resultat	38

6	Diskussion	41
6.1	Resultatdiskussion.....	41
6.2	Metoddiskussion.....	43
6.3	Studiens relevans för arbetslivet	46
7	Konklusion	47
	Källor	48
	Bilaga 1. Informerat samtycke	52
	Bilaga 2. Protokoll för mätningarna.....	54
	Bilaga 3. Frågeformulär	57
	Bilaga 4. Det etiska forskningslovet.....	61

Figurer

Figur 1. Lårets främre muskelgrupp (Behnke 2015 s. 248).....	12
Figur 2. Lårets bakre muskelgrupp (Behnke 2015 s. 251).....	13
Figur 3. Skelettmuskelns struktur (Behnke 2015 s. 25).....	14
Figur 4. En motorisk nerv och en sensorisk nerv (Behnke 2015 s. 29).....	14
Figur 5. En motorisk enhet bestående av en motorisk nerv och muskelfibrer (Behnke 2015 s. 34).....	15
Figur 6. MBody smartshorts framifrån samt vända ut och in. (Fotograf Dagny Bengs 2016).....	36

Tabeller

Tabell 1. Testdeltagarnas bakgrundsinformation.....	38
Tabell 2. Skadefrekvensen för de båda könen.....	39
Tabell 3. Relativa skillnad i EMG-aktiviteten mellan de båda nedre extremiteterna.....	40

FÖRORD

Jag vill tacka mina lärare Thomas Hellstén och Joachim Ring, som bjöd in mig i projektet och som jag har kunnat bolla mina idéer med under vägen. Jag vill även tacka min sambo, familj och vänner, som stöttat mig och tagit sig tid att ge synpunkter på det jag skrivit. Slutligen vill jag rikta ett stort tack till alla testdeltagare, som gjorde det möjligt att utföra denna undersökning.

Vasa i juli 2017

Sara Clärk

1 INLEDNING

Både inom elitidrott och motionsidrott finns det en stor efterfrågan på olika tekniska hjälpmedel för att kunna mäta kroppen och dess prestationsförmåga. Detta har lett till att utvecklingen av ny teknologi gått starkt framåt och teknologiska verktyg i form av exempelvis pulsklockor och aktivitetsarmband har blivit ett vardagligt inslag även bland motionärer. En relativt ny teknologisk uppfinning är smarttextilier som mäter musklernas aktivitet. Dessa textilier är utrustade med inbyggda ytelektroder som kan registrera elektrisk aktivitet i musklerna och på så vis hjälpa oss att förstå musklernas beteende. Tack vare att de kan analysera muskelaktiviteten också utanför laboratorieförhållanden och visar resultat i realtid, är användningsmöjligheterna stora (Finni et al. 2007). I och med att idrottare börjar vara nära människans maximala prestationsförmåga, får denna typ av teknologi allt större betydelse för att kunna utveckla träningen och ge den där lilla fördelen som behövs.

Samtidigt som vi ser idrottare eftersträva maximala resultat och motionärerna träna allt mera målmedvetet, kan vi också se att antalet idrottsskador ökar. Det sker över 330 000 idrottsrelaterade skador per år i Finland (UKK-Institutet 2015) och epidemiologiska studier har visat att av de skador som i Skandinavien undersöks av läkare, har var sjätte uppstått i samband med någon idrottslig aktivitet (Bahr & Engebretsen 2010 s. 12). De vanligaste idrottsaktiviteterna som leder till besök på akutmottagning är bollsporter och cykling (Karlsson 2011). Detta stora antal skador är ett bekymmer både för de enskilda individerna som drabbas och för idrotten. Det orsakar även stora hälso- och sjukvårdskostnader för samhället (Parkkari 2015, Junttila 2005). Men vad kan vi då göra för att komma åt problemet? Svaret är inte att sluta idrotta, eftersom idrottens och motionens positiva effekter ändå är betydligt större än nackdelarna (Faskunger & Sjöblom 2017). Däremot kan en del av lösningen vara att se över vilka riskfaktorer som finns och hur man kan påverka dem, innan en skada hinner uppstå. Vanligen är det en kombination av yttre och inre faktorer som orsakar risk för idrottsskada. De yttre faktorerna har att göra med omgivningen och kan innebära exempelvis dålig utrustning eller ogynnsamt underlag. De inre faktorerna relaterar till idrottarens personliga egenskaper och exempelvis kan bestå av muskelsvaghet, muskelobalans eller anatomiska felställningar (Thomeé et al 2011 s. 40). När det gäller skador i nedre extremiteterna har många undersökningar visat att en

muskelobalans mellan framlår och baklår eller mellan höger och vänster ben markant påverkar risken för skada. Genom att nå en normal balans mellan agonist och antagonist och mellan de båda benen kan man signifikant minska risken för skada (Croisier et al. 2008). Utöver de uppenbara fördelarna skadeprevention innebär i form av förbättrad hälsa och minskade kostnader har skadepreventiva åtgärder även visat sig förbättra idrottares prestationsförmåga, vilket är särskilt viktigt när det gäller att motivera idrottare, tränare och lag att fokusera på skadeprevention (Bahr & Engebretsen 2010).

Yrkeshögskolan Arcada kommer i samarbete med Orton att inleda ett forskningsprojekt inom skadeprevention bland idrottare. Orton är en inhemsk aktör inom hälso- och sjukvården och ägs till 100 % av Invalidstiftelsen. Orton är en expert inom bl.a. sjukdomar i rörelseorganen och terapitjänster (Orton 2017). Projektet gäller användningen av smartshorts vid kartläggningen av riskfaktorer för skador i nedre extremiteterna. I den kommande forskningen kommer shortsens att användas för att mäta muskelaktivitetsbalansen hos idrottare inom olika grenar. Idrottarna kommer att följas under ett års tid och deras testresultat kommer att ställas i korrelation till skador i nedre extremiteterna. Detta examensarbete fungerar som en förberedelse inför den kommande forskningen och går ut på att evaluera de mätmetoder och mätinstrument som eventuellt kommer att användas, innan forskningen genomförs i större omfattning. Förhoppningen är att undersökningen ska ge en bra grund för den kommande forskningen och i förlängningen kunna bidra till att identifiera riskfaktorer för idrottsskador och minska dem.

2 BAKGRUND

I bakgrundskapitlet presenteras relevanta faktorer för mätning av muskelaktivitet (EMG), muskeltester och muskelobalansers samband med idrottsskador. Kapitlet baserar sig på tidigare forskning och litteratur inom området. Inledningsvis förklaras skelettmuskulaturens funktion och innebörden av elektromyografi och smarttextilier. Vidare behandlas muskelbalansens betydelse för muskelfunktionen och korrelationen mellan muskelobalans och idrottsskador. Slutligen beskrivs muskeltestning och dess principer samt syftet med, och utformningen av muskeltester och frågeformulär.

2.1 Skelettmuskulaturens funktion

Skelettmuskulärvävnad är uppbyggd av viljestyrda muskelfibrer. Skelettmuskulaturen har ett tvärstrimmigt utseende när den granskas i mikroskop, därav används även benämningen tvärstrimmig muskulatur. Flera muskelfibrer, packade buntvis, bygger upp en skelettmuskel. Hela muskeln innesluts i en bindvävshinna, en fascia som avgränsar muskeln från andra närliggande strukturer. Muskulaturen fäster i skelettet genom senor och det är senorna som möjliggör kraftöverföring från muskulaturen till skelettet. Man brukar skilja på en muskelns ursprungssena respektive fästsena. Ursprungssenan lokaliseras vanligen proximalt eller mer centralt, medan fästsenan fäster in i den mer rörliga skelettdelen. (Christensen 2012 s. 67-79).

Skelettmuskulerna kan variera i utseende och storlek. De flesta är antingen spolformade eller fjäderformade. Spolformade muskler är formade av parallella fibrer och är vanligtvis involverade i rörelser med stort rörelseomfång. Fjäderformade muskler består av korta, diagonala fibrer och är involverade i rörelser som kräver stor styrka med ett begränsat rörelseomfång (Behnke 2015 s. 21). Vid nästan alla rörelser är mer än en muskel involverad i rörelsen. Muskeln som huvudsakligen ansvarar för en viss rörelse benämns som agonist, medan muskler som bidrar till rörelsen kallas synergister. Vanligtvis har agonisten också en muskel som verkar i motsatt riktning och denna kallas för antagonist. En muskel kan också helt enkelt stabilisera en rörelse och denna muskel kallas för fixator eller stabilisator. Skelettmuskulaturens mest uppenbara funktion är att åstadkomma rörelse. Utöver detta ökar musklernas kontraktion värmeproduktionen. Vidare skyddar skelettmuskulaturen mot yttre våld och fungerar som stötdämpare för underliggande ben och inre organ. Skelettmuskulaturen stöder även lederna genom anspänning av muskler och senor. (Behnke 2015 s. 24).

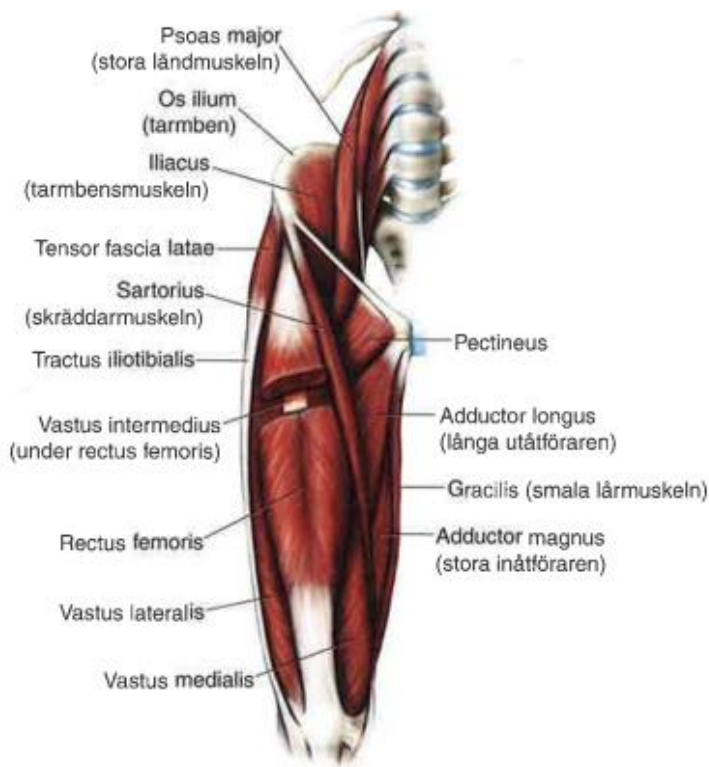
2.1.1 Lårets muskulatur

I låret finns ett flertal muskler som framför allt kan sträcka och böja i knä- och höftled. Man kan skilja på en främre och en bakre muskelgrupp. Låret är dessutom försett med en stor medial muskelgrupp, som adducerar höftleden (Bojsen-Møller 2000 s. 265). I detta

sammanhang tas enbart de främre- och bakre muskellogerna upp, eftersom de är relevanta för undersökningen.

Lårets främre muskelgrupp

Lårets främre muskelgrupp domineras av **m. quadriceps femoris**, som är kroppens största muskel med en vikt på cirka 1,5 kg. Muskeln utgör primärt knäledens kraftiga extensor. M. quadriceps femoris består av fyra delar: m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. vastus lateralis och m. vastus intermedius. Distalt förenas dessa muskler i en gemensam insertionssena, i vilken knäskålen är innesluten. Senan fäster via ligamentum patellae på tuberositas tibiae. (Bojsen-Møller 2000 s. 267). **M. rectus femoris** är den ytligaste av de anteriora lårmusklerna och den enda av quadriceps-musklerna som är biartikulär. Eftersom den sträcker sig över både höftleden och knäleden, så påverkar den också båda lederna: I knäleden utför muskeln tillsammans med resten av quadriceps-musklerna extension och i höftleden fungerar muskeln som flexor och den är även en väldigt svag abduktor (Behnke 2015 s. 231). M. rectus femoris har sitt ursprung på spina iliaca anterior superior och fäster i den gemensamma senan från m. quadriceps femoris. **M. vastus medialis**, **m. vastus lateralis** och **m. vastus intermedius** är mer eller mindre sammanvuxna med varandra. Musklerna har ett utsträckt fäste på femurs skaft, genom stora ursprungsaponeuroser. M. vastus medialis och m. vastus lateralis har ganska seniga ursprung och kommer huvudsakligen från linea aspera och dess proximala och distala förlängningar. Dessa två löper medialt respektive lateralt om femur. Muskelns djupaste del utgörs av m. vastus intermedius, som utgår med mera köttiga fibrer från framsidan och lateralsidan av de proximala 2/3 av femurskaftet. Musklerna förenar sig med m. rectus femoris genom den gemensamma quadricepssenan. (Bojsen-Møller 2000 s. 267-268). Även **m. sartorius** (skräddarmuskeln) utgör en del av lårets främre muskelgrupp. M. sartorius är en lång, bandformad, ytlig muskel, som utgår med en kort sena från spina iliaca anterior superior. Muskeln korsar framsidan av låret, varefter den löper vertikalt längs med medialsidan av låret och knäleden. Den fäster på den främre, proximala delen av tibias mediala sida. Eftersom muskeln korsar både höftled och knäled, påverkar den således också båda lederna. (Bojsen-Møller 2000 s. 267). M. sartorius funktion i höften är flexion, abduktion och utåtrotation (Behnke 2015 s. 231). I knäet är muskelns funktion extension och inåtrotation (Behnke 2015 s. 249).

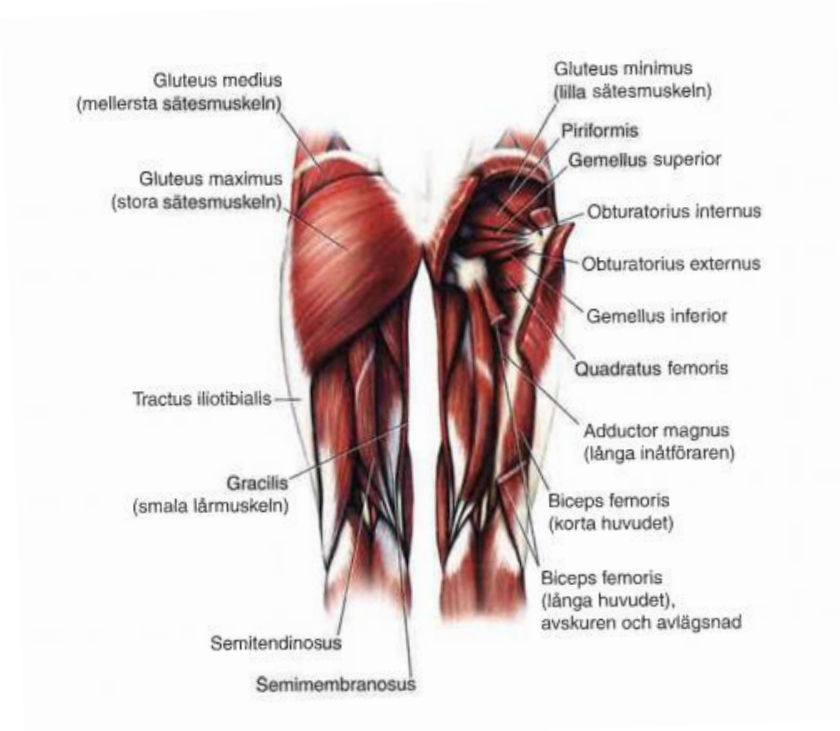


Figur 1. Lårets främre muskelgrupp (Behnke 2015 s. 248)

Lårets bakre muskelgrupp

Lårets bakre muskelgrupp består av tre olika muskler: m. biceps femoris, m. semitendinosus och m. semimembranosus. Dessa brukar med ett gemensamt namn kallas för *hamstringsmuskler*. De är biartikulära muskler, som korsar både höftleden och knäleden. De har alla samma huvudsakliga funktioner; extension i höftleden och flexion i knäleden. **M. biceps femoris** är unik på det sättet att den har två huvuden. *Caput longum*, det långa huvudet, utgår från tuber ischiadicum tillsammans med semitendinosus och semimembranosus. *Caput breve*, det korta huvudet, har sitt ursprung på linea aspera på femur. De två huvudena smälter samman i muskelbuken och fäster på caput fibulae. (Bojsen-Møller 2000 s. 271-272). M. biceps femoris funktioner i höftleden är extension samt medverkan vid adduktion och utåtrotation (Behnke 2015 s. 232). I knäleden är muskelns funktion flexion och när knäleden når full aktiv flexion gör den även utåtrotation av underbenet (Behnke 2015 s. 251). **M. semitendinosus** utgår tillsammans med de övriga hamstrings-muskelnerna från tuber ischiadicum. Den täcks av gluteus maximus, men ligger ytligt i resten av sitt förlopp och fäster alldeles nedanför tibias mediala epikondyl. **M. semimembranosus** löper ned på framsidan av m. semitendinosus och fäster även den på tibias

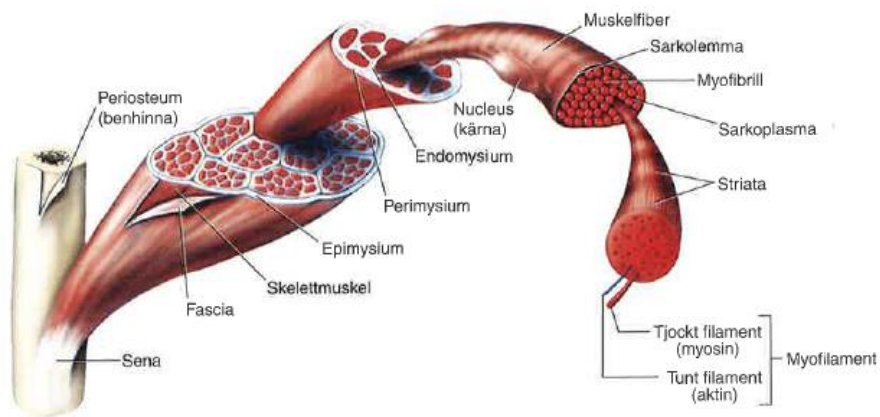
mediala epikondyl. Både m. semitendinosus och m. semimembranosus extenderar höftleden och medverkar vid inåtrotation och adduktion i höftleden samt flekterar i knäet och medverkar vid inåtrotation av underbenet. (Behnke 2015 s. 233-251).



Figur 2. Lårets bakre muskelgrupp (Behnke 2015 s. 251)

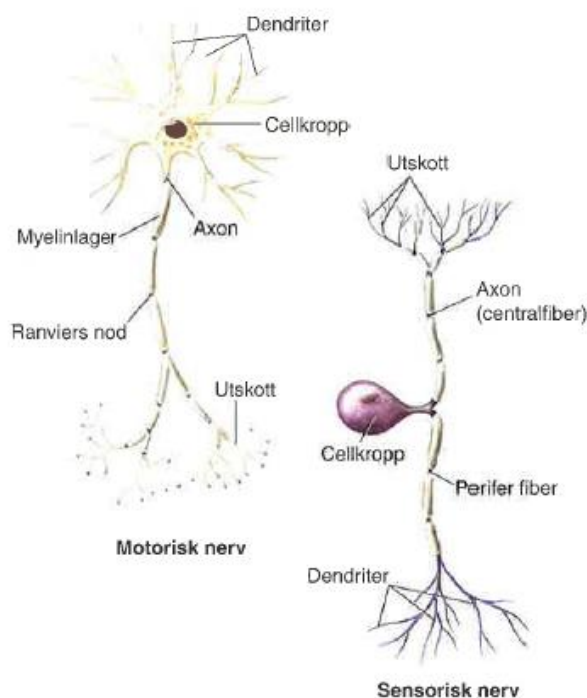
2.1.2 Det neuromuskulära systemet

Skelettmusklerna består av flera muskelfiberbuntar, vilka består av muskelfibrer. En muskelfiber i sin tur består av flera myofibriller. Myofibriller är tunna muskelceller som går genom hela muskeln och består av omväxlande ljusa och mörka filament av proteiner med sammandragande förmåga. Dessa kallas aktin och myosin. (Behnke 2015 s. 25). Det är myofilamentens glidning mellan varandra som är grunden för muskelkontraktion (Haug et al. 1993).



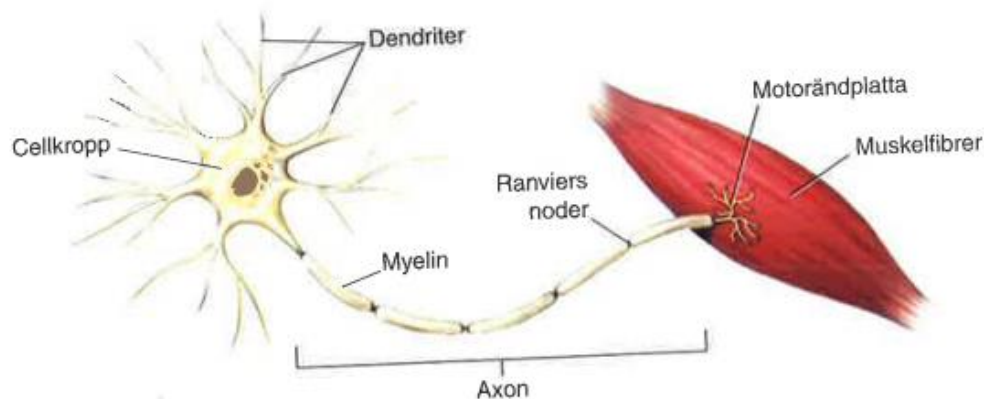
Figur 3. Skelettmuskelns struktur (Behnke 2015 s. 25).

En nerv består av en cellkropp och dess utskott, vilka kallas axon och dendriter. Man skiljer mellan sensoriska nerver som leder signaler från sinnesorganen till ryggmärgen och hjärnan och motoriska nerver som i sin tur leder impulser från hjärnan och ryggmärgen ut till musklerna och styr dem. I en motorisk nerv tar dendriterna upp information från omgivande vävnad och leder nervimpulsen till nervens cellkropp. Axonerna leder nervimpulserna åt andra hållet, från cellkroppen till muskelfibrerna. (Behnke 2015 s. 29-30).



Figur 4. En motorisk nerv och en sensorisk nerv (Behnke 2015 s. 29).

En motorisk nerv och alla muskelfibrer den styr kallas för en motorisk enhet. Antalet muskelfibrer i en motorisk enhet kan variera från tio upp till ett par tusen, beroende på hur finmotoriska rörelser enheten deltar i. Ju lägre antalet muskelfibrer per nerv är, desto högre antal motoriska enheter krävs för att stimulera muskelfibrerna i en muskel. En muskelfiber kan inte kontraheras delvis, utan det är ”allt eller inget”-principen som gäller. Om ett stimuli från en nerv är tillräckligt kraftigt för att nå en muskelfibers tröskel, kontraheras alla muskelfibrer som stimuleras av den nerven helt. Beroende på hur mycket kraft som behövs, sker olika grad av muskelkontraktion för att utföra aktiviteten. Detta regleras genom hur många motoriska enheter som aktiveras och frekvensen av det stimuli de får. Om större kraft krävs innebär det att fler motoriska enheter aktiveras och de stimuleras oftare. Alla de motoriska enheterna bildar gemensamt kroppens neuromuskulära system. (Behnke 2015 s. 33-35).



Figur 5. En motorisk enhet bestående av en motorisk nerv och muskelfibrer (Behnke 2015 s. 34).

För att en muskel ska kunna kontrahera behövs en aktionspotential. Aktionspotentialen grundar sig på koncentrationsskillnader i kalium- och natriumjoner mellan cellens yttre och inre sida och bildar en form av elektrisk signal som skickas längs nervbanorna. Den skickar information åt muskeln att kontrahera, då tröskelvärde för en impuls överskrids (Haug et al. 1993 s. 92-97). Aktionspotentialen är alltid lika stor, oberoende av stimuleringsstyrkan. Muskelns kontraktionskraft beror på stimuleringsfrekvensen, dvs. hur tätt

aktionspotentialerna kommer, samt antalet motoriska enheter som aktiveras. (Haug et al. 1993 s. 240-242).

2.2 Elektromyografi

Elektromyografi (förkortat EMG) är en metod att mäta den elektriska aktiviteten i musklerna. Elektromyografins historia sträcker sig ända till år 1849, då Dubois-Raymond fann möjligheten att mäta den elektriska aktiviteten i en muskel då den kontraherar. De första verkliga mätningarna gjordes år 1890 av en forskare vid namn Marey och det var också han som myntade begreppet elektromyografi. Under 1900- och 2000-talen har både kunskapen om elektromyografi och mätinstrumenten ständigt utvecklats. (Joutjärvi 2014 s. 18).

Elektromyografi har främst använts i undersökningssyfte, bland annat för att undersöka starttidpunkten för muskelaktivitet, vilken kan användas för att definiera händelsekedjan vid en viss rörelse (exempelvis ett steg), då det är flera muskler som deltar i uppgiften. Elektromyografi har vidare använts som en indikator på muskeltrötthet samt för att undersöka samband mellan EMG-signaler och den kraft som en muskel producerar. Genom detta kan man få information om en enskild muskels delaktighet i styrkeförändringar. Elektromyografi har också använts bland annat för att diagnostisera neuromuskulära problem, vid protestillverkning samt för att undersöka ergonomi. (Joutjärvi 2014 s. 18).

2.2.1 EMG-mätning

EMG mäts med hjälp av elektroder. Den elektriska aktiviteten kan mätas antingen med nål- eller trådelektroder, som mäter direkt inifrån muskeln, eller med ytelektroder som fästs på huden. Vilken metod som används beror på vad man strävar efter med mätningen. Ytelektroder är lättare att använda, men begränsas till de ytliga musklerna. Signalen som fås vid mätningen med ytelektroder är den totala summan av aktiviteten i alla motoriska enheter som finns inom den yta där mätningen sker (Vilavuo 2007 s. 18). EMG-mätning med ytelektroder ger en mera allmän bild av hela muskelns aktivitet än intramuskulära mätningar. Mätningar med nål- eller trådelektroder fungerar å andra sidan bättre när man

vill undersöka enskilda motoriska enheters egenskaper och de används i huvudsak för att mäta EMG i mera djupt sittande muskler (Joutjärvi 2014 s. 19).

För att kunna dra nytta av informationen som fås av EMG-mätningarna, måste råsignalerna som dokumenteras vanligen först processeras på olika sätt (Vilavuo 2007 s. 23). Detta görs genom att först rensa informationen från störningar och brus som kan förekomma, och därefter kan man bearbeta materialet för att få fram just de värden man vill analysera (Joutjärvi 2014 s. 28-29).

2.2.2 Faktorer som inverkar på EMG-mätningens reliabilitet

EMG-signalen påverkas av en rad olika fysiologiska-, anatomiska-, fysiska och geometriska omständigheter, samt faktorer som hänför sig till mätutrustningen. Det finns många möjliga störnings- och felkällor som kan inverka på EMG-mätningen. De vanligaste felen orsakas av de strukturer som finns mellan muskeln och elektroderna, av den elektriska aktiviteten i omkringliggande muskler, av brus i kontakten mellan elektroderna och muskeln, av störningar som orsakas av rörelse och av möjliga störningar i mätkablar eller elnätet. (Vilavuo 2007 s. 19).

Även om man mäter EMG-signalen från endast en muskel, finns det elektrisk aktivitet också i de omkringliggande musklerna. Denna aktivitet kan orsaka störningar i mätningen och ge felaktiga resultat. Detta fenomen kallas för cross-talk och det förekommer främst vid noninvasiv EMG-mätning, det vill säga mätning med ytelektroder (Vilavuo 2007 s. 20-21). Vid användning av ytelektroder påverkar även huden de elektriska strömningarna. Bland annat hudens tjocklek, temperatur och renhet är faktorer som påverkar impedansen (Konttinen & Kangasvieri 2014 s. 6). Genom att se till att huden är fri från hårstrån med hjälp av rakning av området, samt genom att tvätta huden noggrant för att få bort döda hudceller kan man minska på störningarna (SENIAM 1999). Riktlinjer för bland annat ytelektronernas storlek, form och material, samt hur de ska placeras på musklerna har getts av SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for Non-Invasive Assessment of Muscles), vilket är ett projekt inom Europeiska Unionen för kartläggning av ytelektromyografi (surface electromyography) (SENIAM 1999).

2.2.3 Sensortextilier

EMG-mätningar är förekommande både vid testning av idrottare och inom rehabilitering. Trådlös teknik har underlättat undersökningarna avsevärt, men trots det har mätningarna tidigare främst utförts i laboratorieförhållanden, eftersom mätutrustningen är tung och otymplig att förflytta, den inkluderar en mängd kablar och huden måste prepareras noggrant före varje mätning (Finni et al. 2007).

Utvecklingen av tvättbara textilelektroder har skapat möjligheten att tillverka shorts, tröjor och andra klädesplagg utrustade med textilelektroder, som kan registrera muskelaktivitet vid normal rörelse utan hudpreparation och en massa kablar som hänger kring kroppen. Detta underlättar undersökningar även utanför laboratorieförhållanden. En annan fördel med sensortextilierna är att de möjliggör mätning av muskelaktiviteten inom ett större område än vad enskilda ytelektroder klarar av. EMG-mätning av enskilda muskler har en stor vetenskaplig betydelse, men i den praktiska tillämpningen är det av större vikt att kunna följa upp hur en grupp agonister och synergister fungerar under träning, eller musklernas förmåga att slappna av när de inte behövs i en uppgift. Detta kan vara till nytta inom allt från elitidrott till ergonomikartläggningar och rehabilitering (Finni et al. 2007).

Sensortextiliernas egenskaper i förhållande till traditionella noninvasiva mätmetoder har undersökts av Finni, Hu, Kettunen, Vilavuo och Cheng (2007). I forskningen undersöktes sensortextiliernas validitet, reliabilitet och användbarhet. Resultaten visar att sensortextiliernas pålitlighet är likvärdig med traditionella ytelektroder, eller till och med ännu bättre. Sensortextilierna kan lätt och säkert användas vid fältundersökningar av idrottare och rehabiliteringsklienter (Finni et al. 2007).

2.3 Muskelobalans i korrelation till idrottsskador

Benämningen ”idrottsskada” används för skador som uppstår under sportsliga aktiviteter (Junge & Dvorak 2000 s. 40-41, Ristolainen 2012 s. 19). En idrottsskada kan vara akut, vilket innebär att den förorsakats av ett trauma i form av exempelvis ett fall eller en spark under träning eller tävling. Skadan kan också uppstå i form av en överbelastningsskada,

vilket kan definieras som konsekvenserna av en lång rad mikrotrauman (Junge & Dvorak 2000 s. 41). En överbelastningsskada har också beskrivits som en skada med en smygande debut som gradvis ökar i intensitet och obehag, utan att det förekommit något uppenbart trauma (Ristolainen 2012 s. 20).

Många överbelastningsskador i de nedre extremiteterna uppstår vid löpning och hopp, vilket innebär en stor belastning för kroppen. Den vanligaste lokaliseringen är i muskel-/senkomplexet, men problem kan också uppstå i mjukdelsvävnad, exempelvis slemhäck och ledkapsel, bindväv i och runt om muskulatur, samt i ben och leder. En skada inträffar i regel i den svagaste eller den mest belastade delen. Lokalisation och svårighetsgrad beror till viss del även på idrottarens ålder. Hos ungdomar är skelettet svagare än ledband och muskler, vilket leder till att skador ofta drabbar skelettdelen, medan skador hos vuxna i regel omfattar muskel- och/eller senvävnaden. (Thomeé et al. 2011 s.41-42).

Knäet anses vara den kroppsdel som är mest utsatt för idrottsskador. En omfattande amerikansk studie som sträckte sig över tre års tid och undersökte idrottsskador hos High School-studenter i över 100 skolor, visade att knäskador stod för 29 % av alla skador. När det gällde skador som ledde till operation stod knäskadorna för över hälften av fallen (Darrow et al. 2009). Också nordiska studier visar att av alla idrottsskador är 15-30 % knärelaterade (Sernert 2010). Folksamns skadestatistik för bollsporter och ishockey visar att knäet är den kroppsdel som har högst skadefrekvens, och knäet får också den största andelen svåra skador som leder till bestående besvär (Folksam 2017). Skador på främre korsbandet är mycket vanliga och i sporter med snabba svängar är ledkapsel, ligament och menisker speciellt utsatta (Pasanen 2009 s. 20). När det gäller överbelastningsproblem av ledstrukturer i knäet är patello-femoralt smärtsyndrom, som uppstår i leden mellan knäskål och lårben, mest förekommande (Thomeé et al. 2011 s. 42). En annan av de vanligaste idrottsskadorna världen över är stukning av vristen. Det är framför allt den laterala sidan som drabbas, allt ifrån lindrigt då ligament och ledkapsel översträckts något, till gravare där bristning av ligament eller frakturer kan förekomma (Pasanen 2009 s. 19). Även hälsenan är inom många grenar hårt utsatt för skador (Thomeé et al. 2011 s.42).

Risikfaktorer för skador delas vanligtvis in i två kategorier: yttre respektive inre faktorer. De yttre faktorerna har att göra med omgivningen och kan innefatta exempelvis träningsmisstag, dålig utrustning eller ogynnsamt underlag. De inre faktorerna relaterar till idrottarens personliga egenskaper och exempelvis kan bestå av muskelsvaghet, muskelobalans eller anatomiska felställningar (Thomeé et al 2011 s. 40). En kombination av yttre och inre faktorer är en vanlig orsak till idrottsskada. De inre faktorerna kan beskrivas som predisponerande, det vill säga att de är nödvändiga men sällan tillräckliga, för att en skada ska uppstå. De yttre faktorerna å sin sida möjliggör att skadan uppstår hos den redan predisponerade idrottaren. Det är alltså summan av inre och yttre faktorer som vanligtvis orsakar en idrottsskada (Bahr & Holme 2003 s. 385).

Den tidigare nämnda amerikanska studien som undersökte idrottsskador bland High School-studenter visade att risken för allvarliga idrottsskador som krävde minst tre veckors paus från idrotten var 0,39 per 1000 idrottstimmar. Risken var större vid tävlingssituation (0,79 / 1000 timmar) än vid träning (0,24 / 1000 timmar). Samma studie visade även att skaderisken inom herridrotten totalt sett var större än inom damidrotten, men vid direkt jämförelse av flera bollsporter, däribland fotboll och basket, hade kvinnorna en högre skaderisk än männen. (Darrow et al. 2009). Framför allt knäskador och i synnerhet skador på främre korsbandet, är vanligare hos kvinnor än hos män. Undersökningar visar att en främre korsbandsskada är så mycket som 5-9 gånger vanligare hos kvinnor. En enkel förklaringsmodell är inte möjlig, men faktorer som antas påverka är bland annat anatomiska, hormonella och neuromuskulära (Sernert 2010).

2.3.1 Muskelbalansens betydelse

Bilateral muskelbalans

Bilateral muskelbalans i nedre extremiteterna avser muskelbalansen mellan höger och vänster ben. Om ettdera benet är starkare än det andra, kan det leda till asymmetrisk användning av musklerna. Obalans i styrka mellan höger och vänster sida anses öka skaderisken och om idrottaren har mer än 10 procent skillnad i muskelstyrka mellan höger och vänster ben anses det vara en betydande risk för skada (Thomeé et al 2011 s. 41).

Ensidig muskelbalans

Ensidig muskelbalans avser muskelbalansen mellan böjare och sträckare i en led. Inom forskningen anges styrkeförhållandet ofta som flexor/extensor kvot eller HQ-kvot. Denna kvot definieras som m. Hamstrings maximala styrka dividerat med m. Quadriceps maximala styrka x 100. Kvoten anges som ett procentuellt värde och visar alltså hur stark m. Hamstrings är i förhållande till m. Quadriceps. HQ-kvoten testas enligt den konventionella metoden med hjälp av en dynamometer, där man genomför en koncentrisk kontraktion och jämför det maximala vridmomentet hos knäflexorerna och knäextensorerna. HQ-kvotens betydelse för träning, skador och rehabilitering har fått mycket uppmärksamhet, men forskningen är inte överens om ett optimalt styrkeförhållande. (Gustavsson & Eklund 2011). Det är svårt att ange ett normalt eller optimalt styrkeförhållande, eftersom bland annat rörelseomfånget samt rörelsehastigheten påverkar resultatet, men i allmänhet anses en normal kvot ligga på mellan 50% och 80% (Rosene et al. 2001). Det är också oklart vilken betydelse styrkeförhållandet egentligen har för skaderisken. Många undersökningar har visat att en låg HQ-kvot, dvs. att hamstrings är svag i förhållande till quadriceps, är en betydande riskfaktor för skador (Gustavsson & Eklund 2011). Croisier et al. utförde en studie på professionella fotbollsspelare, som visar att muskelobalans i nedre extremiteten markant påverkar risken för hamstringsskada. Det visade sig att sannolikheten för att spelare som hade en obehandlad muskelobalans mellan quadriceps och hamstrings skulle råka ut för en skada var fyra till fem gånger högre än hos kontrollgruppen. Genom att nå en normal balans mellan agonist och antagonist minskade risken för skada signifikant (Croisier et al. 2008). Hewett et al. undersökte styrkeförhållandets betydelse för knäskador bland kvinnliga idrottare och kom fram till att en idrottare med stark quadricepsdominans tenderar att först aktivera quadriceps i situationer där kraft behövs, vilket påverkar stabiliteten i knäet och ökar risken för knäskada (Hewett et al. 2001). Om styrkeförhållandet verkligen har så stor betydelse råder det dock delade meningar om. Coobs och Garbutt (2002) menar att det inte är till fullo undersökt om obalans i musklerna orsakar skada eller om korrigering av muskelobalans kan minska risken för skada och att evidensen för HQ-kvotens betydelse inte är stark nog.

2.4 Muskeltest

2.4.1 Allmänna principer vid testning

För att tester ska kunna anses som tillförlitliga, bör några grundkrav uppfyllas: hög validitet, hög reliabilitet och stor objektivitet. *Validitet* innebär att testet mäter just det som det avses att mäta. Är tanken att mäta maximal snabbhet, så måste testet också konstrueras så att testpersonen verkligen har nått maximal hastighet när mätningen sker. Arbetstiden får inte heller vara för lång, så att hastigheten hinner minska. Däremot kan det i vissa fall vara möjligt att med hjälp av tester fastställa att förbättring av en viss egenskap även har positiva effekter på en annan egenskap, som är en del av den totala prestationsförmågan. Ett sådant exempel kan vara kopplingen mellan benstyrka och skridskosnabbhet i ishockey. Undersökning av sådana samband kallas *korrelationsanalys*, vilket innebär att man gör en statistisk beräkning av hur stor överensstämmelsen är mellan att förbättringen av ett visst värde också leder till förbättring av ett annat värde. *Reliabilitet* innebär att ett test ska ge samma resultat om det genomförs vid flera olika tillfällen under likvärdiga förhållanden. Mätmetoderna får alltså inte påverka resultatet. *Objektivitet* innebär i sin tur att om ett test genomförs av olika personer (testledare) vid likvärdiga förhållanden, bör resultatet av testet bli detsamma. (Gustavsson 2007 s. 3).

För att ovanstående krav skall uppfyllas, är det viktigt att skapa en standardiserad miljö och att testen i sig är standardiserade. Testmiljö, testinformation, genomförande och instruktioner måste utformas så att tester kan genomföras på ett likartat sätt för alla som testas och så att testerna går att upprepa på likartat sätt vid uppföljning. Testerna måste också vara begripliga, lätta att lära sig och ha ett klart syfte (Thomeé et al 2011 s. 65). Det är vidare önskvärt att testen inte är motivationsberoende, men detta är i många fall omöjligt att uppnå (Gustavsson 2007 s. 3). Man bör gärna använda etablerade och standardiserade tester och undvika tester som medför skaderisker på grund av att testpersonerna inte är tillräckligt mogna eller tränade för att genomföra dem, exempelvis maxtester. Vid komplexa test, det vill säga, test där flera fysiska egenskaper inverkar på resultatet, bör man tänka på svårigheten med utvärdering. Ett sådant test ger dålig information om vilken faktor som är ”den svaga länken” (Gustavsson 2007 s. 4).

En viktig aspekt vid all testning är respekt för testdeltagarens rättigheter. Trots att personen frivilligt deltar i ett test, har hen alltid rätt att avbryta testet när som helst. Även om det för riktigheten av resultatet ibland skulle krävas att man uppmuntrar eller till och med tvingar deltagaren att fortsätta testet, måste man utan villkor respektera deltagarens vilja att avbryta. Detta kan framför allt bli aktuellt vid maximala test av syreupptagningsförmåga eller styrka, där testdeltagarens motivation att fortsätta pressa sig tar slut före de maximala resultaten verkligen har uppnåtts. För att undvika sådana situationer är det bra att alltid grundligt informera testdeltagaren om testets förlopp innan man börjar och att samtidigt informera om eventuella risker och vad man har gjort för att undvika dem. Vidare är all information om testdeltagaren konfidentiell och den får inte ges ut åt tredje part utan deltagarens samtycke. (Keskinen et al. 2007 s. 15).

2.4.2 Val av testmetod

Med hjälp av muskeltester kan man analysera enskilda musklers eller vissa muskelgruppers prestationsförmåga eller energiförbrukning. Muskeltestning kan alltså reduceras till att definiera vissa specifika fysikaliska egenskaper hos en individ, men i praktiken är muskeltestning en större helhet och ett sätt att mäta och se efter individens fysiska egenskaper och funktionsförmåga. (Keskinen et al. 2007 s. 12). Testning utförs av många olika skäl och motivet för mätningarna varierar. Det kan handla om att diagnosticera styrkor och utvecklingsområden för en persons prestations- eller funktionsförmåga. Inom idrotten kan man med hjälp av olika fysiska tester göra exempelvis grenanalyser eller hitta talanger. Dessutom kan man med hjälp av olika tester utvärdera resultaten av träning eller rehabilitering eller också kan tester användas som ett verktyg för vetenskapliga undersökningar (Keskinen et al. 2007 s. 125). Vilket test man använder sig av beror på vad man vill mäta och varför.

För att göra muskulära styrketester finns det många olika alternativ. Styrkan kan exempelvis mätas genom att testa hur mycket en person kan lyfta i en specifik övning, hur mycket kraft som genereras vid en isometrisk kontraktion eller hur mycket vridmoment som skapas vid ett isokinetiskt test (Gustavsson & Eklund 2011). Styrkan kan vidare mätas i muskulatur som påverkar endast en led, eller i muskulatur som påverkar flera leder. Då observeras mängden vikt man kan lyfta, antingen vid en repetition (1 RM) eller

antalet repetitioner som utförs vid ett submaximalt lyft (Gustavsson & Eklund 2011). Musklernas kraftproduktion kan indelas i tre olika huvudkategorier: maxstyrka, snabbhetsstyrka och uthållighetsstyrka. Olika typer av kraft produceras på olika sätt i olika situationer. Vilken typ av kraft som krävs i olika positioner och rörelser varierar, liksom hastigheten som krävs. Det kan innebära allt från snabbstyrkeprestationer på några hundra millisekunder upp till uthållighetsstyrkeprestationer på flera tusen upprepningar. Av den orsaken är det viktigt att veta vilka slags krav olika prestationer ställer, så att man vet hurudana tester det lönar sig att använda för att kunna mäta just de rätta egenskaperna (Keskinen et al. 2007 s. 125).

2.4.3 Muskeltest genom fältmätningar

Fysiska tester kan delas in i laborietester och fälttester (Gustavsson 2007 s. 2). Fälttester är standardiserade tester som har visat hög tillförlitlighet till fysiologiska variabler mätta med avancerade metoder. Fördelen med fälttesterna är att de kan utföras i enklare förhållanden, för ett stort antal deltagare. Gällande fältmätningar är det av stor betydelse att testen är lätta att arrangera och att de går att förverkliga i olika slags miljöer. Detta innebär att de ska vara enkla ur utrustnings- och mätningssynpunkt och inte kräva mät-hjälpmiddel som är svåra att få tag på eller förflytta (Keskinen et al. 2007 s. 201). Det är också eftersträvarvärt att testerna är billiga att arrangera. Testerna får inte heller vara tekniskt svåra, så att teknik och testvana inverkar på resultaten (Gustavsson 2007 s. 3). Trots att testmetoderna ska vara enkla, bör resultaten vara pålitliga och testerna ska kunna utföras på samma sätt vid olika testtillfällen, för att trygga uppföljningen, exempelvis årligen (Keskinen et al. 2007 s. 201).

2.4.4 Uppvärmning

Förberedelserna och uppvärmningen inför muskelkonditionstest borde alltid vara standardiserade (Keskinen et al. 2007 s. 14). Trots rekommendationen om standardiserad uppvärmning, är detta något som saknas i många testbatterier. Exempelvis i brandmännens muskelkonditionstest ingår ingen standardiserad uppvärmning (Jylhä & Kinnunen 2004). I försvarsmaktens konditionstester ingår en 10-15 minuter lång uppvärmning på låg intensitet som inkluderar töjningar inför cooper-testet som utförs, men i testmanualen finns

däremot inga direktiv om uppvärmning inför muskelkonditionstestet (Pihlainen et. al, 2009). Inför andra tester ska det däremot uttryckligen inte alls utföras någon uppvärmning, som exempelvis inför UKK-institutets Alpha Fit-testbatteri (Suni et al. 2010 s. 7).

2.4.5 Testernas ordningsföljd och återhämtning mellan testerna

Vid planeringen av fysiska tester, är det viktigt att beakta i vilken ordningsföljd testerna i ett testbatteri ska genomföras. I allmänhet är regeln att de minst uttröttande testerna ska utföras först. Test som kräver tekniskt svåra rörelser bör utföras före uttröttande test. Alla prestationer som tröttar ut testpersonen påverkar resultaten av mätningarna som följer därpå. Exempelvis har det visat sig att uthållighetsträning före styrketest verkar minska styrkeprestationen signifikant. Däremot har inga negativa effekter märkts på uthållighetsmätningar, om de föregåtts av styrketester. Av den orsaken bör de mest uttröttande testerna utföras sist i testbatteriet. (Hoffman 2006 s. 9).

I praktiken är det dock många olika faktorer som påverkar testsekvensen: antalet individer som testas, hur lång tid testandet kräver och antalet personer som handhar testningen. Det ideala scenariot är att alla testdeltagare utför testerna i samma ordning, men på grund av omständigheterna är det inte alltid realistiskt. Vid testning av större grupper, exempelvis fotbollslag, kan flera teststationer behöva fungera samtidigt och idrottarna roterar från station till station. Det innebär att en del idrottare kan utföra en sprint före ett styrketest, medan andra först utför styrketestet som följs av sprint och smidighetstester. Om man sörjer för tillräcklig vila mellan de olika prestationerna och de verkligt uttröttande testen såsom uthållighetslöpning alltjämt utförs sist, kan denna typ av arrangemang ändå nå riktiga resultat. (Hoffman 2006 s. 9).

Återhämtningstiden mellan olika prestationer har betydelse för testresultaten. Enligt Hoffman (2006 s. 9) krävs minst fem minuters vila mellan de olika prestationerna i ett testbatteri, för att energidepåerna ska fyllas på tillräckligt inför följande test. Denna rekommendation används i många fall, exempelvis i brandmännens muskelkonditionstest (Jylhä & Kinnunen 2004). Hur lång återhämtningstid som verkligen krävs beror dock på vilka slags test som utförs. Muskelceller använder ATP (adenosintrifosfat) som direkt energikälla. Kroppen kan fylla på sina lager av ATP på flera olika sätt, både aerobt och

anaerobt. Vilket av de energiskapande systemen som används beror på vilken typ av muskelarbete som utförs och hur snabbt energin behövs. Vid kortvarigt, hårt muskelarbete används i huvudsak omedelbara energikällor. När musklerna vilar fylls energidepåerna på till sin ursprungliga nivå och de återhämtar sig inom några minuter. Av detta skäl är musklernas energitillgång sällan något problem vid testning. (Keskinen et al. 2007 s. 130). Utöver energikällorna, påverkas också det neuromuskulära systemet av muskelarbetet. Muskelarbete på hög intensitet har en omedelbar effekt på kapaciteten och leder till att den viljestyrda muskelaktiviteten sjunker och så även muskelkraften. Detta beror delvis på uttrötning av nervsystemet och delvis på att muskelns förmåga att kontrahera minskar när mjölksyra bildas. Dessa faktorer bör tas i beaktande vid planering av konditionstester och tillräckligt långa pauser ska garanteras mellan de olika testerna. (Keskinen et al. 2007 s. 130).

2.4.6 Tolkning av testresultat

Det finns olika tillvägagångssätt att utvärdera testresultat. Ett sätt är att jämföra testresultaten med normerade referensvärden. Detta är värden som tagits fram genom tester av ett stort antal personer i motsvarande ålder och/eller på motsvarande prestationsnivå. Då ser man hur testresultaten förhåller sig till andra personer som utfört samma test (Gustavsson 2007 s. 4). Man bör komma ihåg att man på basen av normvärden inte kan ta ställning till vilken nivå som är tillräcklig för en viss individ, eller vilket resultat man bör sträva efter. Normvärden som baserar sig på en population berättar ingenting om vad som är tillräckligt bra resultat ur hälsosynvinkel och inte heller prestationsmässigt (Keskinen et al. 2007 s. 138). Man kan utgå från riktvärden, endera individuella riktvärden eller riktvärden som är gemensamma för en viss grupp (Gustavsson 2007 s. 4). Då kan testresponsen uttryckas exempelvis i form av konditionsklass på en hälsoskala från eftersträvaransvärd till icke önskvärd (Keskinen et al. 2007 s. 138). Inom idrotten kan testresultaten också jämföras med riktvärden som en tränare har lagt upp som målsättning för ett idrottslag, eller med resultaten som andra idrottare inom samma gren har fått. Kombinationer av de olika tillvägagångssätten kan också användas. (Gustavsson 2007 s. 4). Det viktigaste är ändå att följa en individs egen utveckling i ett längre perspektiv (Keskinen et al. 2007 s.138). Därför bör testen också utföras regelbundet (Keskinen et al. 2007 s. 14-15). Det är vidare viktigt att den som utför testen och tolkar resultaten är insatt i ämnet och kan presentera

testresultaten på ett bra och lättförståeligt sätt åt testdeltagaren (Keskinen et al. 2007 s. 15, Thomeé et al. 2011 s. 65).

2.5 Utformning av frågeformulär

Att utveckla ett frågeformulär innebär ett omfattande planerings- och tankearbete innan man kommer fram till själva frågorna. Vid utformningen formuläret bör man utgå från de problemområden som undersöks. Utgående från syftet med undersökningen samt vilken målgruppen är, kan ett frågebatteri så småningom växa fram. Hand i hand med problemformuleringen kommer litteraturgenomgången. Genom att studera tidigare litteratur ökar man sin kunskap och kan få hjälp att avgränsa sig, fokusera på relevanta frågeområden och hitta nya vinklingar. Man kan även se vilka metoder andra har använt i liknande studier och många gånger kan man utnyttja frågor som konstruerats och använts av andra. Det är en fördel, eftersom det innebär att frågorna redan är kvalitetstestade och att det även finns ett jämförelsematerial. (Ejlertsson 2005 s. 7-18).

För att frågeformuläret ska bli tydligt, enkelt och genomförbart att fylla i får det inte vara för långt. Risker med att göra ett kort och snabbifyllt formulär är dock att det blir alltför kompakt, svårt att använda och reliabiliteten riskerar att bli lidande. En balans måste uppnås. Att konstruera frågor och svarsalternativ till ett frågeformulär innebär att man har en mängd regler och riktlinjer att följa. När det gäller språket och formuleringen av frågor, bör man alltid försöka anpassa det till målgruppen. Huvudregeln är att språket ska vara så enkelt som möjligt. Frågor, och även svarsalternativ, ska vara entydiga och inte kunna tolkas på fler än ett sätt. Allmänna begrepp av typen ”Brukar du...” bör undvikas och istället ska man försöka vara tydlig med definitionerna. Vidare bör frågorna konstrueras så neutralt som möjligt, eftersom det vid ledande frågor finns en stor risk att respondenterna instämmer i det som antyds i frågan. Det är viktigt att varje fråga innehåller endast en fråga – inte flera delfrågor, och detsamma gäller svaren. Svarsalternativen ska vara uttömmande, det vill säga att alla tänkbara svarsalternativ ska finnas med och varje svar får endast förekomma en gång. När man som respondent har bestämt sig för hur man ska svara, ska det alltså inte vara någon tvekan om vilken ruta man ska kryssa i. Svarsalternativen bör ha samma logiska ordning genom hela frågeformuläret, eller åtminstone i grupper av frågor som hänger samman. Svarsalternativen kan ordnas i olika slags skalor

och det viktigt att välja en skala som passar för syftet med frågeformuläret. (Ejlertsson 2005 s. 51-92).

Den som konstruerar ett frågeformulär formulerar frågor och svar på ett sätt och med en bakomliggande tanke som för den personen verkar självklar. En huvudregel är, att andra personer ofta inte uppfattar frågorna på samma sätt. Det är bra om frågorna kan testas i en pilotstudie innan de används i den egentliga undersökningen. Syftet med den är att ta reda på om de svarande tolkar frågorna på samma sätt som frågekonstruktören, samt om det finns tillräckligt med lämpliga svarsalternativ. På detta vis kan man ta reda på om frågeformuläret verkligen mäter det som man avser att det ska mäta. (Ejlertsson 2005 s. 35).

3 UNDERSÖKNINGENS SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING

Yrkeshögskolan Arcada kommer i samarbete med ORTON att inleda ett forskningsprojekt inom skadeprevention bland idrottare. Projektet gäller användningen av smartshorts vid kartläggningen av riskfaktorer för skador i nedre extremiteterna. Smartshortsen kommer att användas för att mäta muskelaktivitetsbalansen hos idrottare inom olika grenar. Syftet med denna pilotstudie är att evaluera tre olika muskeltester, som möjligen kan användas som mätmetoder i forskningen.

I undersökningen söks svar på följande frågor:

- 1. Hur lämpar sig de tre muskeltesterna för att analysera muskelaktiviteten med hjälp av smartshorts?*
- 2. Påverkar tidigare skada i nedre extremiteterna muskelaktiviteten (EMG)?*

4 METOD

4.1 Undersökningens design

Detta examensarbete fungerar som en förberedelse för det kommande forskningsprojektet kring muskelaktivitetsbalans och skadeprevention, och har formen av en pilotstudie. De mätmetoder som analyseras är tre väletablerade muskeltester för nedre extremiteterna: knäböj, figur 8-löpning och stående längdhopp. Alla testerna är utformade så att de kan utföras under fältförhållanden. Deltagarna i pilotstudien fyller även i ett frågeformulär gällande bland annat tidigare skador i nedre extremiteterna. Svaren granskas sedan i förhållande till resultaten från de fysiska testerna och det undersöks om det finns något samband mellan tidigare skada och muskelaktivitet.

Pilotstudier används på två sätt inom den sociala forskningen. En funktion är att testa metoderna för en undersökning, innan själva undersökningen görs i stor skala. Detta kallas en genomförbarhetsstudie. Den andra funktionen är att testa ett instrument som ska användas i en kommande undersökning. Detta kan innebära exempelvis att sända ut en provenkät till ett mindre urval deltagare för att testa dess validitet och reliabilitet. Pilotstudier kan basera sig både på kvalitativa och kvantitativa metoder. Pilotstudier används ofta som metod för att finna brister i en viss studiedesign eller för att identifiera omständigheter som kan påverka slutresultaten av en studie. Pilotstudier kan alltså utnyttjas för att utvärdera och utveckla metoder och instrument för en undersökning, för att uppskatta vilka resurser som krävs för undersökningen (personal, finansiella resurser, tid) och för att påvisa att en undersökning är pålitlig och därigenom kunna motivera undersökningens genomförande för finansiärer och övriga intressenter. En begränsande faktor för pilotstudier är att de ofta baserar sig på ett litet urval. Det lilla urvalet medför att slutsatser som dras ibland kan vara förvrängda och svåra att generalisera (Van Teijlingen & Hundley 2002).

4.1.1 Testdeltagarna

Testdeltagarna består av 17 fullvuxna licensidrottare, av vilka 9 är män och 8 kvinnor. Alla testdeltagare tävlar aktivt inom sin idrottsgren. Testdeltagarna består av både lagidrottare och individuella idrottare och grenarna de representerar är handboll, fotboll, ishockey, innebandy, konståkning, skidåkning, friidrott, orientering och styrkelyft. Kriterie för deltagande var att testdeltagaren skulle vara frisk och vid tidpunkten för undersökningen inte lida av sådana skador eller sjukdom som kunde utgöra en risk vid deltagandet. Testdeltagarna rekryterades bland Arcadas studeranden genom muntlig information om undersökningen. Intresserade fick vidare skriftlig information om projektet. Alla testdeltagare deltog frivilligt i undersökningen och fyllde i ett informerat samtycke (bilaga 1). Alla personer som visade intresse för att delta och som uppfyllde kriterierna togs med i undersökningen. Målsättningen var att undersökningen skulle få 15-20 testdeltagare.

4.2 Datainsamling

4.2.1 Förberedelser och allmän information kring mätningarna

Mätningarna utfördes under februari månad 2017 i Yrkeshögskolan Arcadas gymnastiksal. Före mätningarna inleddes fick testdeltagarna muntlig och skriftlig information om hur testerna går till och de undertecknade det informerade samtycket (bilaga 1). Deltagarna fick information om hur de skulle klä på sig smartshortsen och informerades om att fukta shortsens elektroder med en sprayflaska innan påklädning. Shortsens storlek kontrollerades så att de passade testdeltagarna och undersökaren spände fast mätmodulen på shortsens framsida. Testproceduren följde ett mätprotokoll (bilaga 2), för att alla tester skulle utföras likadant och så att alla testdeltagare skulle få samma information.

Testproceduren inleddes med en mätning av muskelaktiviteten i vila. Därefter kontrollerades testdeltagarnas längd och vikt och resultaten antecknades. Innan muskeltesterna inleddes utförde testdeltagarna en fem minuter lång uppvärmning på cykelergometer, med en frekvens på 60-70 varv per minut. Muskeltesterna utfördes därefter i ordningsföljden

knäböj, figur 8-löpning och stående längdhopp. Under varje enskilt test mättes muskelaktiviteten med hjälp av smartshortsen. Vilotiden mellan de olika testerna var cirka fem minuter.

4.2.2 EMG-mätning i vila

EMG-mätningarna inleddes med en mätning av muskelaktiviteten i vila. Under mätningen låg testdeltagaren på en gymnastikmatta på golvet. Testdeltagaren instruerades att ligga så stilla som möjligt och försöka slappna av. Muskelaktiviteten registrerades under en minuts tid.

4.2.3 Knäböj

Det första testet i undersökningen bestod av ett knäböjstest. Knäböj är en av de mest använda övningarna inom styrketräning och rörelsen används i stor utsträckning även vid testverksamhet, både inom idrott och rehabilitering. Knäböj mäter lårmuskulaturens-, sättesmuskulaturens- och delvis även ryggmuskulaturens kraftproduktion. Knäböj görs vanligtvis antingen som så kallad styrkelyftböj, där man går så djupt att höftvecket går just under knäledens överst punkt, eller som en så kallad halv knäböj, vilket innebär att knävinkeln i den nedre positionen är 90 grader. (Keskinen 2007 s. 148). Eftersom knäböj är en flerledsrörelse aktiveras ett stort antal muskler samtidigt på ett komplext sätt. Det innebär att olika typer av utföranden ger helt olika resultat. Genom att manipulera särdragen för knäböjen, så sker också förändringar i muskelaktiviteten. Dessa manipulationer kan gälla exempelvis ändringar i fotposition, underlagets stabilitet, vilken utrustning som används, hur stora vikter som används och hur stort rörelseomfånget är (Marchetti et al. 2016).

Med hjälp av EMG-analys vid olika belastningsnivåer har man konstaterat att muskelaktiviteten är i direkt förhållande till den kraft muskeln producerar. Genom träning kan man öka den maximala aktiveringskapaciteten för en muskel och därmed sänka den relativa muskelaktiviteten på en viss belastningsnivå, vilket alltså gör muskelarbetet mera ekonomiskt (Keskinen et al. 2007 s. 139). Man har undersökt hur ökad belastning i form av

extern tilläggsikt i knäböj påverkar muskelaktiviteten och fann ett platåskede då testdeltagarnas muskelaktivitet inte längre steg. Denna platå var individuell och varierade mellan 69.6 – 96.6 % av 1 RM (Konttinen & Kangasvieri 2014). Även andra studier har visat att en ökning av tilläggsvikterna påverkar muskelaktiviteten vid knäböj (Clark et al. 2012), något man bör hålla i minnet vid val av testmetod. En undersökning av Marchetti et al. där man undersökte skillnader i muskelaktivitet vid tre olika knäböj djup (20°, 90° och 140°) visade att den totala muskelaktiviteten var som störst vid knäböj till 90°. Det fanns dock muskelspecifika skillnader. Undersökningen visade att quadriceps-muskulaturens aktivitet var som störst vid knäböj till 90° medan hamstrings-muskulaturens aktivitet var densamma vid alla djup. Gluteus maximus aktivitet var som störst vid grunda knäböj. (Marchetti et al. 2016). Detta innebär alltså att hamstrings aktivitet i förhållande till de övriga muskelgrupperna är som störst vid djupa knäböj. Olika undersökningar har dock gett varierande resultat gällande detta. En undersökning av Caterisano et al. som gjordes på liknande sätt visade att gluteus maximus EMG-aktivitet var betydligt större vid djupa knäböj än vid grunda. Även denna undersökning visade att hamstrings-muskulaturens aktivitet var ungefär densamma oberoende av djup, liksom quadriceps-muskulaturens aktivitet (Caterisano et al. 2002). Om det är gluteus maximus eller hamstrings som förhållandevis aktiveras mera vid ökat knäböj djup är således inte helt klart, men man kan i alla fall konstatera att ju djupare knäböjen utförs, desto mera aktiveras musklerna på baksida lår och höft i förhållande till framlårets muskler.

Knäböjstest kan alltså utföras i många olika former och på olika belastningsnivåer. Utöver test av maxstyrka, kan testen exempelvis utformas så att testdeltagaren ska göra så många repetitioner som möjligt på en viss belastningsnivå eller också utföra så många repetitioner som möjligt under en viss tid. Knäböj används exempelvis av Räddningsverket, som en del av brandmännens muskelkonditionstest, samt vid antagningen av studerande till räddningsinstitutet. I testet används då en skivstång med 45 kg extra vikt och testet går ut på att göra så många repetitioner som möjligt under en minuts tid. Testpersonen intar ett grenstående, något bredare än axelbrett, med fotbladen en aning utåtvinklade och skivstången bakom nacken. Från den positionen knäböjer testpersonen tills dess knä- och höftled är i vågrät linje och sträcker sedan knäna raka. Ryggen bör vara rak under hela utförandet. Resultatet är det godkända antalet knäböj under 60 sekunder (Jylhä & Kinnunen 2004).

Knäböjstestetets utformning

I denna undersökning utfördes knäböjstestet under en minuts tid utan tilläggsvikter. Resultaten antecknades både för hela minuten samt för de tio första hukningarna separat. Testdeltagaren instruerades att stå med fötterna i axelbredd, hålla ryggen rak och händerna på höfterna samt att inte lyfta hälarna från underlaget. Hukningarna utfördes i lugn takt och takten kontrollerades med hjälp av en metronom som var inställd på 64 slag/minut. Detta gav en knäböjstakt på 32 hukningar / minut. Hukningarna utfördes så djupt att testdeltagarens knä- och höftled var i vågrät linje i den nedre positionen. Djupet kontrollerades genom att testdeltagarens rumpa nuddade en bänk i den nedre positionen. Bänken justerades till lämplig höjd innan testet inleddes. Testdeltagaren instruerades att sträcka höft och knän helt i den övre positionen. Deltagarna inledde testet på kommandot start och samtidigt startades EMG-mätningen. När tio upprepningar utförts lades en markering in i dataprogrammet och när hela minuten hade gått stannades mätningen och testdeltagaren uppmanades att avsluta testet på kommandot stopp.

4.2.4 Figur 8-löpning

Följande muskeltest bestod av en så kallad figur 8-löpning, vilket är en form av löptest som mäter snabbhet och smidighet (Pasanen 2009). Testet går ut på att så snabbt som möjligt springa en 20 meter lång bana i form av en åtta. Testet har tidigare använts i en viss utsträckning och är bland annat en del av UKK-institutets Alpha Fit-testbatteri. I UKK:s testmanual beskrivs testet som ett sätt att mäta smidighet och nedre extremiteternas anaerobiska effekt. Banan märks ut med hjälp av två koner, som står på ett avstånd av 10 meter från varandra. Start- och mållinje finns vid ändan av den ena konen. Klockan startas på kommandot ”redo – start” och testpersonen löper då runt banan genom att runda den borte konen och korsa mållinjen vid den första konen. Före testet får testpersonen vänja sig med banan genom att springa igenom den ett varv. Till testet hör två försök, varav det bättre antecknas. Testpersonen får återhämta sig en liten stund mellan de båda försöken. (Sun et al. 2010 s. 16). Samma test har även använts av Kati Pasanen i hennes doktorsavhandling *“Floorball injuries. Epidemiology and injury prevention by neuromuscular training”*, där testet användes för att undersöka epidemiologin för idrotts-skador bland kvinnliga innebandyspelare. I Pasanens studie genomfördes testet på samma

sätt som i UKK:s anvisningar, med undantaget att tidtagningen sattes igång när testpersonen självant startade, istället för på kommando. Det bättre resultatet av två försök antecknades. (Pasanen 2009).

Utformningen av figur 8-löpningen

I undersökningen utfördes testet på motsvarande sätt som beskrivits ovan. Banan märktes ut med hjälp av två koner, som stod på ett avstånd av 10 meter från varandra. Start- och mållinje fanns vid ändan av den ena konen, märkt med tejp. På kommandot ”redo – start” löpte testdeltagaren runt banan genom att runda den borte konen och sedan korsa mållinjen vid den första konen. Testdeltagarna uppmanades att löpa i ett snabbt tempo, utan att för den skull ta onödiga risker. Före testet fick testdeltagarna bekanta sig med banan genom att springa igenom den ett varv, för att känna av underlaget och svängarna. Muskelaktiviteten registrerades från start-kommandot tills dess att testdeltagaren korsat mållinjen.

4.2.5 Stående längdhopp

Det tredje muskeltestet i undersökningen bestod av stående längdhopp. Det är ett mycket etablerat fälttest för nedre extremiteterna, som är lätt att genomföra och som inte ställer så stora krav på utrustning. Testet mäter framför allt den explosiva styrkan i benmuskulaturen vid horisontellt riktad kraft (Keskinen 2007 s. 155, Gustavsson 2007 s. 16). Testet utförs på ett underlag lämpat för ändamålet, avsprängsplatsen och landningsplatsen bör ligga på samma höjd. I startpositionen står testdeltagaren med fötterna lätt isär och tårna vid en markeringslinje. Därefter utförs ett jämfotahopp, så långt som möjligt. Det är tillåtet att ta fart genom att gunga i knäna och svänga med armarna. Landningen ska ske på fötterna, jämfota. Resultatet mäts med en centimeters noggrannhet från avsprängslinjens framkant till den punkt där den bakre fotens häl landar. (Keskinen 2007 s. 155, Gustavsson 2007 s. 16, Pihlainen et al. 2009). Stående längdhopp används bland annat som en del av försvarsmaktens konditionstest för beväringar och stampersonal och har således testats på ett stort underlag (Pihlainen et al. 2009). Testet används även för idrottare och är bland annat en del av Svenska Ishockeyförbundets testbatteri för ishockeyspelare (Gustavsson 2007).

Utformningen av stående längdhopps-testet

I denna undersökning utfördes testet på samma sätt som beskrivits ovan. Testdeltagaren stod med fötterna lätt isär och tårna bakom en markeringslinje som märkts med tejp. Utgångspositionen var stående med händerna sträckta i luften. På kommandot start tog testdeltagaren fart genom att svänga armarna bakåt och svikta i knäna, och genomförde ett så långt jämfotahopp som möjligt. Landningen skulle ske jämfota, på fötterna. Testdeltagaren instruerades att stanna upp rörelsen i landningen. Registreringen av muskelaktiviteten skedde från start-kommandot, tills dessa att fötterna slog i marken vid landningen. Hoppets längd noterades med en centimeters noggrannhet från avsprångslinjens framkant till den punkt där den bakre fotens häl landade. Testdeltagarna fick utföra ett övningshopp före mätningen.

4.2.6 Frågeformulär

Efter att mätningarna hade genomförts fyllde varje testdeltagare i ett frågeformulär (bilaga 3). Frågeformuläret har utarbetats delvis utgående från Jyväskylä Universitets idrottsskadeförfrågan (Karhula & Pakkanen 2005) och omarbetats för att passa denna undersökning. Frågorna indelades i tre kategorier: bakgrundsinformation, idrott och skador. Testdeltagarna fick besvara frågor bland annat gällande huvudsaklig idrottsgren, total träningsmängd, grenspecifik träningsmängd samt tävlingssäsongens utformning. Frågorna som gällde skador indelades i två underkategorier; skador under det senaste året och tidigare skador (över 12 månader gamla). Alla frågor som gällde skador avgränsades till idrottsskador i ländrygg eller nedre extremiteter som krävt läkarbesök. Frågorna gällande skador behandlade bland annat skadans lokalisering, om det varit frågan om en akut skada eller en belastningsskada, om skadan krävt operation, immobilisering eller modifiering av träning samt om och i så fall hur ifrågavarande skada påverkar idrott och funktionsförmåga i dagens läge. Frågeformuläret i sin helhet innefattade fler frågor än vad som krävdes för just denna undersökning. Avsikten med detta var att frågeformuläret eventuellt ska kunna användas som sådant även i vidare, mera omfattande forskning.

4.2.7 Smartshorts som mätverktyg

EMG-mätningarna utfördes med Myontec Oy:s MBody-shorts. Dessa shorts mäter den elektriska muskelaktiviteten i framlår och baklår via fyra sensorer placerade på området för höger och vänster m. quadriceps femoris (m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. vastus lateralis och m. vastus intermedius) samt höger och vänster hamstring (m. biceps femoris, m. semitendinosus och m. semimembranosus). Shortsens är gjorda av trikåtyg och elektroderna är fastsydda på tygets insida. På shortsens framsida fästs en modul som samlar in EMG-signalerna. Signalerna skickas från elektroderna till modulen genom tunna ståltrådar. Mcell-modulen innehåller en förförstärkare, en mikroprocessor med programvara, minne för data och en trådlös bluetooth-smartkontakt. Modulen samlar in rå EMG-data som sedan överförs trådlöst till en dator och pc-programmet Muscle Monitor. (Bengs 2016 s. 23-24).



Figur 6. MBody smartshorts framifrån samt vända ut och in. Fotograf Dagny Bengs 2016.

4.3 Data-analys

All EMG-data från testerna sparades i pc-programmet Muscle Monitor. För varje testdeltagare skapades en egen profil, med numrering i ordningsföljd från 1 till 17. Varje testdeltagare fick fyra olika filer i Muscle Monitor-programmet, där resultaten från de olika testerna (mätning i vila, knäböj, figur 8-löpning och stående längdhopp) registrerades separat. Efter att testerna avslutats överfördes resultaten manuellt till en excel-fil för vidare analys. Även deskriptiv data i form av deltagarnas bakgrundsinformation (kön, ålder,

längd, vikt) samt svaren på frågorna i frågeformuläret överfördes till samma excel-fil. Alla svar från frågeformulären omvandlades till numeriska värden, för att kunna tolkas och analyseras. Den slutliga analysen skedde i pc-programmet SPSS. Gällande den deskriptiva datan beräknades medelvärde, standardavvikelsen (SD) och den procentuella spridningen inom testgruppen, även i form av skillnader mellan könen. Vid analysen av testresultaten granskades framför allt de relativa sidoskillnaderna mellan nedre extremiteternas EMG-aktivitet, det vill säga procentuella värden av vänster bens muskelaktivitet i förhållande till höger bens muskelaktivitet. De olika muskeltesterna analyserades separat och gruppen testdeltagare som hade haft skada i nedre extremiteterna jämfördes med gruppen som ej haft skada.

4.4 Etiska överväganden

Genom hela undersökningen har forskningsetiska rekommendationer följts. Vetenskaplig forskning kan vara etiskt godtagbar och tillförlitlig och dess resultat trovärdiga enbart om forskningen bedrivs i enlighet med god vetenskaplig praxis. En central utgångspunkt för god vetenskaplig praxis är att det iakttas hederlighet, allmän omsorgsfullhet och noggrannhet i forskningen och i dokumenteringen och presentationen av resultaten, samt i bedömningen av undersökningsresultat. Vidare innebär god vetenskaplig praxis att forskningstillstånd har anskaffats och den etiska förhandsbedömning som förutsätts inom vissa områden har utförts. (Forskningsetiska delegationen 2013). Denna undersökning har bedömts och fått tillstånd av Yrkeshögskolan Arcadas etiska råd (bilaga 4).

God vetenskaplig praxis innebär även att forskningen planeras, genomförs och rapporteras och insamlade data lagras på det sätt som kraven på vetenskapliga fakta förutsätter. (Forskningsetiska delegationen 2013). Forskningsetiken är speciellt viktig att beakta i forskning som involverar människan. Det är ett oeftergivligt krav att risker och skador minimeras så långt det är möjligt. Forskaren tar ett ansvar för de människor han eller hon forskar på, både för deras välbefinnande och den information som samlas in. (Codex 2016). I denna undersökning har detta beaktats genom att testdeltagarna fick information om mätningarna både muntligt och skriftligt. Alla testdeltagare informerades om att deltagande i undersökningen var frivilligt och att de när som helst under mätningarna hade möjlighet avbryta deltagandet utan att motivera sina beslut. Före de fysiska testerna

undertecknade alla deltagare ett informerat samtycke (bilaga 1), där de samtidigt intygade att de var friska och inte hade någon skada som kunde utgöra en risk vid deltagande i undersökningen. Testerna utformades så att skaderisken är minimal. Vidare har all data behandlats anonymt, så att ingen kan kännas igen. Resultaten behandlas eller presenteras inte i något skede på personlig nivå, utan enbart som statistiska helheter. I undersökningen har det också tagits hänsyn till tidigare studier och litteratur och korrekta källhänvisningar har eftersträfvats, vilket även det är en central utgångspunkt för god vetenskaplig praxis (Forskningsetiska delegationen 2013).

5 RESULTAT

Sjutton personer deltog i pilotstudien, av vilka nio var män och åtta kvinnor. Av de 17 deltagarna hade 12 personer haft en sådan akut idrottsskada eller belastningsskada som krävt läkarvård. De testdeltagare som hade haft skada i båda nedre extremiteterna (N=2) eller i ländryggen (N=1) uteslöts ur undersökningen. I den slutliga analysen deltog 14 personer (N=14), sju kvinnor och sju män. Testdeltagarnas bakgrundsinformation finns beskriven i tabell 1 nedan. Testdeltagarnas medelålder var drygt 21 år och deras BMI låg i medeltal på 24,51. Det totala antalet rapporterade träningstimmar varierade mellan tre och 17 timmar per vecka, med ett genomsnitt på 9 timmar och 35 minuter per vecka.

Tabell 1. Testdeltagarnas bakgrundsinformation

BAKGRUNDSINFORMATION (medelvärden)			
	Alla (N=14)	Män (N=7)	Kvinnor (N=7)
Kön (%)	100 %	50 %	50 %
Ålder (år)	21,43	22	20,86
BMI	24,51	25,21	23,82
Träningstimmar / vecka (h)	9,58	8,86	10,29

Av de fjorton slutgiltiga testdeltagarna hade nio personer haft någon form av idrottsskada i nedre extremiteterna, medan fem inte hade haft någon skada. Det innebär att de skadades andel av gruppen var 64,3 %, medan 35,7 % var befriade från skada. Bland männen var de skadades andel större (85,7 %) i förhållande till andelen skadefria (14,3 %). Bland

kvinnorna var fördelningen den motsatta, med 42,9 % skadade och 57,10 % skadefria. Denna statistik över skadefrekvensen finns beskriven i tabell 2 nedan. Av de skadade hade två haft fot- eller vristskada, fem hade haft knäskada och två hade haft skada i baklåret. Majoriteten av dessa skador var någon form av akut skada (N=8).

Tabell 2. Skadefrekvensen för de båda könen

FÖRDELNINGEN SKADA / EJ SKADA				
		<u>Alla (N=14)</u>	<u>Män (N=7)</u>	<u>Kvinnor (N=7)</u>
Skada	Antal	9	6	3
	Procent	64,3 %	85,7 %	42,9 %
Ej skada	Antal	5	1	4
	Procent	35,7 %	14,3 %	57,10 %

I tabell 3 nedan beskrivs den relativa skillnaden i EMG-aktiviteten mellan de båda nedre extremiteterna i de olika muskeltesterna hos var och en av testdeltagarna. Stående längdhopp visade sig ha de största sidoskillnaderna i muskelaktivitet bland gruppen av testdeltagare som ej hade varit skadade. Skillnaderna i EMG-aktivitet mellan de båda nedre extremiteterna var 5 – 15 % för stående längdhopp. Om man däremot ser på resultaten från figur 8-löpningen var sidoskillnaderna för de enskilda testdeltagarna (icke skadade) högst 7 %. Både knäböjstestet under en minuts tid samt knäböjstest med 10 repetitioner gav jämna resultat bland gruppen icke-skadade testdeltagare och sidoskillnaderna var högst 6 %. När man däremot ser till gruppen testdeltagare som hade haft en skada i någondera nedre extremiteten, var det enbart en av nio som hade en sidoskillnad på 6 % eller mindre. Övriga åtta testdeltagare som hade haft en skada i någondera nedre extremiteten hade betydligt större sidoskillnader i knäböjstesterna. För samma grupp av testdeltagare var resultaten i figur 8-löpning samt stående längdhopp mera varierande. Sidoskillnaderna var för en del av testdeltagarna större än vid knäböjstesten, medan de för andra var mindre.

Tabell 3. Relativ skillnad i EMG-aktiviteten mellan de båda nedre extremiteterna

Testdeltagare (nr.)		DEN RELATIVA SKILLNADEN I EMG-AKTIVITETEN MELLAN DE BÅDA NEDRE EXTREMITETERNA (%)			
		Knäböj 1 min	Knäböj 10 rep.	Figur 8-löpning	Stående längdhopp
Icke skadade	2	1	0	6	5
	8	1	2	0	15
	9	1	2	7	12
	15	1	2	3	5
	16	6	2	5	10
Skadade	4	9	9	10	2
	5	11		2	6
	6	11	9	4	6
	7	3	1	4	12
	13	14	13	5	0
	3	35	39	5	2
	10	9	12	14	3
	12	11	14	8	10
	14	8	9	4	4

Grön = Den skadade extremitetens relativa andel (x/100) av EMG-aktiviteten är lägre i förhållande till den friska extremitetens andel

Röd = Den skadade extremitetens relativa andel (x/100) av EMG-aktiviteten är högre i förhållande till den friska extremitetens andel

När gruppen testdeltagare som hade haft en skada i någondra nedre extremiteten (N=9) jämfördes med gruppen icke skadade (N=5), beaktades det inte vid analysen av de relativa skillnaderna av EMG-aktivitet mellan höger och vänster ben i vilketdera benet (skadade / ej skadade) EMG-aktiviteten var större. I knäböjstestet under en minuts tid var den genomsnittliga sidoskillnaden för gruppen av testdeltagare som hade haft skada 12,4 % och i gruppen av icke-skadade var den genomsnittliga sidoskillnaden 2,0 %. Detta innebär att skillnaden på genomsnittet för de båda grupperna är 10,4 % (95 % konfidensintervall 1,5 – 19,2, P = 0.025). På motsvarande sätt var sidoskillnaderna i knäböjstestet med 10 repetitioner 13,2 % för gruppen testdeltagare som hade haft skada och 1,5 % för icke-skadade, vilket innebär att skillnaden på genomsnittet är 11,7 % (95 % konfidensintervall 0,6 – 22,7, P = 0.040).

6 DISKUSSION

6.1 Resultatdiskussion

I undersökningen deltog 17 personer av vilka 14 personers resultat analyserades. De testdeltagare som hade haft skada i båda nedre extremiteterna eller i ländryggen uteslöts ur undersökningen. I den slutliga analysen deltog 14 personer (N=14), sju kvinnor och sju män. Eftersom antalet testdeltagare är litet är det svårt att dra alltför långtgående slutsatser av resultaten från undersökningen. Man bör dock komma ihåg att denna undersökning fungerar som en pilotstudie inför kommande forskning. En pilotstudies syfte är i första hand att testa metoderna och mätinstrumenten för en undersökning innan den genomförs i större omfattning (Van Teijlingen & Hundley 2002).

Vid analys av resultaten kunde genast konstateras att en väldigt stor andel av testdeltagarna hade haft någon form av skada. Enbart fem av de 17 testdeltagarna hade inte varit utsatta för någon skada, medan övriga tolv personer hade haft en sådan akut idrottsskada eller belastningsskada som krävt läkarvård. Detta kan tyckas vara en hög siffra, speciellt med tanke på att testdeltagarna bestod av unga idrottare med en medelålder på drygt 21 år. När det gäller skadans lokalisation hade två av de 14 personer som deltog i den slutliga analysen haft en skada i fot eller vrist, fem hade haft knäskada och två hade haft skada i baklåret. Eftersom antalet testdeltagare var så lågt kan man inte dra några generella slutsatser av detta, men även statistiken talar för att knäskador är den vanligast förekommande formen av skada inom många idrotter. Folksams skadestatistik för bollsporter och ishockey visar att knäet är den mest utsatta kroppsdel. Knäet får också den största andelen svåra skador som leder till bestående besvär (Folksam 2017) och av de idrottsskador som kräver operation står knäskador för över 50 % av fallen (Darrow et al. 2009).

På basen av detta lilla underlag testdeltagare kan man inte heller dra några slutsatser gällande hur idrottsgren eller träningsmängd inverkar på skadefrekvensen. Statistik visar att de vanligaste idrottsaktiviteterna som leder till besök på akutmottagning är fotboll, andra bollsporter och cykling. Det betyder dock inte nödvändigtvis att dessa aktiviteter skulle vara farligare än andra, eftersom det största antalet utövare finns i dessa idrotter. Vid alla skadeberäkningar är det viktigt att ta exponeringen med i beräkningen, det vill säga hur

många utövare är det frågan om och hur lång tid det gäller (Karlsson 2011). En intressant förekomst i denna undersökning var fördelningen av skador mellan män och kvinnor. Bland männen hade sex av sju varit skadade, medan andelen skadade kvinnor var enbart tre av sju. Tendensen att fler män än kvinnor är skadedrabbade är tydlig, men återigen kan påpekas att eftersom detta är en pilotstudie och antalet testdeltagare därav är litet, kan detta inte hållas som ett allmängiltigt utfall. Studier har visat att män totalt sett har en större risk än kvinnor för att drabbas av idrottsskada, men vid direkt jämförelse av många grenar, däribland flera bollsporter, är det å andra sidan kvinnorna som har större skaderisk (Darrow et al. 2009). I denna undersökning representerade både de kvinnliga och manliga testdeltagarna en mängd olika grenar, vilket förmodligen påverkar skadefrekvensen.

I studien söktes svar på frågan hur de olika muskeltesterna lämpar sig för att analysera muskelaktiviteten med hjälp av smartshorts. Resultaten visar att knäböjstesterna är de testmetoder som har de mest tillförlitliga resultaten. Knäböjstestet under en minuts tid gav ett p-värde på 0,025 och knäböjstest med 10 repetitioner gav ett p-värde på 0,040. P-värdet kommer från ett statistiskt test som man genomför på datamängd och det går från 0 till 1. Ju närmare 0 det är, desto mindre är sannolikheten att man får resultatet i fråga, givet att nollhypotesen är sann. Det innebär att ett lågt p-värde tyder på att resultatet inte beror på slumpen, utan att det finns ett samband. Statistisk signifikans anses traditionellt finnas om p-värdet är under 0,05. Gränsen är dock inte svart-vit. (Dahlgren, 2017). Både knäböjstesten kan alltså anses vara statistiskt signifikanta. Resultaten för knäböj under en minuts tid och under 10 repetitioner var så snarlika att båda metoderna kan anses lämpliga att använda vid mätning av muskelaktivitet med hjälp av smartshorts. Under mätningarna visade det sig också att knäböjstesterna var de tester som var enklast att utföra och hade minst risk för fel, vilket analyseras vidare i metoddiskussionen i följande kapitel. Både figur 8-löpningen och det stående längdhoppet var svårare att genomföra på ett tillförlitligt sätt, vilket också analyseras vidare i metoddiskussionen. Detta kunde även noteras i dataresultaten. Motsvarande p-värden var för figur 8-löpningen 0,278 och för stående längdhopp 0,080. Detta innebär alltså att den statistiska signifikansen inte är lika god som i knäböjstesterna. Med hänsyn till att knäböjstesterna även var enklare att utföra både för testare och testdeltagare, kan man dra slutsatsen att det är de mest användbara testmetoderna vid mätning av muskelaktivitet med hjälp av smartshorts.

I denna studie söktes även svar på frågan om tidigare skada i nedre extremiteterna påverkar muskelaktiviteten (EMG). Om man utgår från resultaten av knäböjstesten, vilka var de mest tillförlitliga, kan man konstatera att så är fallet. Bland gruppen icke-skadade testdeltagare var skillnaderna i muskelaktivitet (Ma/min) högst 6 % vid jämförelse av höger och vänster ben. När man däremot ser till gruppen testdeltagare som hade haft en skada i någondera nedre extremiteten, var det enbart en av nio som hade en sidoskillnad på 6 % eller mindre. Övriga åtta testdeltagare som hade haft en skada i någondera nedre extremiteten hade betydligt större sidoskillnader än så, ända upp till 39 %. Däremot fanns det inget klart samband gällande om den skadade extremitetens relativa andel ($x/100$) av EMG-aktiviteten var högre eller lägre i förhållande till den friska extremitetens andel. För fyra av testdeltagarna som hade haft skada var den skadade extremitetens muskelaktivitet lägre, medan den för de fem övriga var högre. Vad detta beror på kan man spekulera om. En teori till att den skadade extremitetens aktivitet är lägre kunde vara att individen undviker att belasta den skadade extremiteten på samma sätt som den andra. Även om en skada inte längre orsakar smärta, kan den ha gjort att ett nytt rörelsemönster har lärts in. Detta kan i sin tur leda till att muskelaktiviteten är lägre i den skadade extremiteten, eftersom den friska extremiteten sköter största delen av det totala muskelarbetet. Om den skadade extremiteten däremot har högre muskelaktivitet än den friska, kunde en teori vara att det beror på att den skadade extremiteten måste arbeta hårdare och därigenom aktiveras mera för att kunna åstadkomma samma kraft som den friska extremiteten. Detta är endast spekulationer och för att nå svar på dessa frågor krävs vidare studier.

6.2 Metoddiskussion

Den ursprungliga tanken med undersökningen var att testdeltagarna skulle delas in i tre olika grupper: de som haft en skada under det senaste året, de som haft en skada för mer än 12 månader sedan och de som ej haft skada. Vid planeringen av undersökningen utgicks det från att den eventuella skadan i fråga kunde vara lokaliserad i någondera nedre extremiteten, båda nedre extremiteterna eller i ländryggen. Tanken var att alla dessa grupper skulle jämföras sinsemellan för att se inte bara om en skada inverkar på muskelaktiviteten, utan även på hur skadans lokalisering inverkar. Med denna utgångspunkt byggdes även frågeformuläret upp. Vid analysen av resultaten togs ändå beslutet att ändra på denna

plan. På grund av att gruppen testdeltagare var så pass liten kunde resultatet skulle ha riskerat bli otillförlitligt med den ursprungliga gruppindelningen. Fler grupper deltagare skulle innebära ett färre antal deltagare i varje grupp, vilket i sin tur skulle innebära att resultatet i större utsträckning påverkas av enstaka individers variationer i EMG-värden. De testdeltagare som hade haft skada i båda nedre extremiteterna (N=2) eller i ländryggen (N=1) uteslöts istället ur undersökningen och resterande testdeltagare (N=14) delades in i två grupper: de som haft skada och de som ej haft skada. På detta vis ökas undersökningens tillförlitlighet.

Den ursprungliga tanken var även att jämföra inte bara skillnader mellan muskelaktiviteten i höger och vänster ben, utan även mellan framlår och baklår, eftersom smartshortsen möjliggör detta. Data gällande fördelning av muskelaktivitet mellan framlår och baklår samlades in och överfördes till excel-filerna, men vid analysen togs ändå beslutet att begränsa undersökningen till att gälla enbart sidoskillnaderna. Detta beslut togs främst på grund av att mängden material i annat fall skulle ha blivit allt för stor att analysera, men även för att det lilla antalet testdeltagare skulle ha riskerat ge otillförlitliga resultat. Förhållandet mellan muskelaktivitet i fram- och baklår och hur det korrelerar med skador är dock något som skulle vara mycket intressant att forska i framöver, eftersom det debatterats mycket kring HQ-kvoten och styrkeförhållandets samt muskelaktiveringens betydelse för skaderisk. Forskningen kunde också utökas till att analysera även sätesmuskulaturens EMG-aktivitet och dess korrelation till skador i de nedre extremiteterna. Det finns smartshorts som är utformade att mäta även sätesmuskulaturens (m. gluteus maximus) muskelaktivitet, men dessa fanns det tyvärr inte tillgång till i denna undersökning. Genom att testa också sätesmuskulaturen skulle man få en bättre helhetsbild av hela nedre extremiteternas funktion i olika rörelser.

När det gäller valet av muskeltester fanns det några kriterier att utgå från. För det första skulle testerna vara så kallade fälttester, det vill säga tester som kan utföras i enklare förhållanden för ett stort antal deltagare. De skulle vara lätta att arrangera och gå att förverkliga i olika slags miljöer. Därtill var det önskvärt att de tre muskeltester som genomfördes skulle vara av olika karaktär; ett traditionellt muskelstyrketest, ett hopptest samt ett löptest. Ifrågavarande tester valdes ut på basen av studier av tidigare litteratur och forskning. Motiveringen till att just dessa tester valdes är att de alla är vedertagna tester.

Det finns tydliga standarder för hur testerna ska utföras och ett stort antal personer har genomfört dem tidigare, så det finns referensmaterial att jämföra med vid behov. Tack vare standardiserade testmetoder tryggades testernas likadana utförande för alla deltagare. Även det faktum att en och samma undersökare handhade alla tester samt följde ett noggrant standardiserat testprotokoll genom hela testproceduren, minskades risken för fel och ökade undersökningens validitet.

Knäböjstestet visade sig vara det test som var enklast att utföra. Det var en bekant rörelse för testdeltagarna, djupet på knäböjen var standardiserad, liksom takten och tiden. Av resultaten kan man också se att knäböjstestet var det mest tillförlitliga av dessa tre tester. När det kommer till figur 8-löpningen visade det sig att testets utförande med start från ena änden av 8:an orsakade en osymmetri i prestationerna, vilket kan ge felaktiga resultat. Den teoretiska tanken är att testet är symmetriskt i och med att den närmre konen i 8-figuren rundas från höger och den bortre från vänster. Eftersom start- och mållinje finns vid närmre konen, innebär det att det dock i praktiken att det inte blir en rundning på samma sätt som vid den bortre, utan snarare en sneddad väg. Vid ett kort och explosivt löptest kan det göra stor skillnad för resultaten gällande sidoskillnaderna för höger och vänster extremitet. Ett alternativ kunde vara att utföra testet med start från mitten istället för vid endera konen, vilket torde innebära bättre symmetri i prestationerna. Vilken fart testdeltagarna använde under figur 8-löpningen varierade också, vilket även det kan påverka resultaten. Deltagarna uppmanades att springa ”*så snabbt som möjligt*”, men det kunde observeras att en del deltagare utförde en maxprestation, medan andra valde att hålla ett tempo betydligt lägre än sin maximala förmåga, eventuellt av rädsla för att skada sig eller försöksföret för underlaget. Det test som visade sig vara svårast för testdeltagarna att utföra var det stående längdhoppet. En del av deltagarna hade utfört testet tidigare, medan det för andra var något helt nytt. Det som var problematiskt visade sig vara att stanna upp jämfota i landningen och inte falla fram eller ta ett steg framåt. För några av deltagarna krävdes flera försök för att få testet att lyckas. Även tidsintervallet för analyseringen av EMG-värdena var mest oklart vid detta test. Mätningen startades och en marker klickades in vid start-kommandot, då testdeltagaren inledde utförandet med att ta fart genom att svänga armarna bakåt och svikta i knäna. En ny marker klickades in och mät-

ningen avslutades vid ljudet av att fötterna slog ner i marken. Då dessa markeringar utfördes manuellt innebär det också att de inte var helt exakta och exempelvis ett svaj i landningen kan möjligen påverka resultaten.

Vid undersökningen förekom inga större tekniska problem eller problem med utrustningen. Deltagarna fick ha underkläder på under shortsens, vilket skulle kunna tänkas störa kontakten, likaså kan hår på benen störa kontakten. Kontakten visade sig dock fungera bra. Testdeltagarna uppmanades att fukta elektroderna på shortsens insida före de klädde på sig och inga störningar kunde noteras. Även den trådlösa kontakten mellan smartshortsen och datorn fungerade bra genom alla mätningar. Ett frågetecken uppstod dock kring värdena som uppmättes, och det gällde vilomätningarna. Mätningarna av EMG i vila utfördes före muskeltesterna samt uppvärmningen och avsikten var att kartlägga utgångsläget och se om det fanns något samband mellan EMG-värdena under muskeltesterna och vilomätningarna. För 13 av 17 testdeltagare visade dock vilomätningarna att vänster quadriceps skulle stå för över 50 % av den totala muskelaktiviteten (Ma/min), vilket inte verkar trovärdigt. Deltagarna använde olika shorts och två olika moduler användes, och trots det följde största delen av mätningarna samma mönster. De första tio deltagarna låg raklånga på en matta på golvet, men på grund av denna tendens i resultaten lades en kudde under knäna för de resterande sju deltagarna. Detta påverkade inte resultaten på något sätt. Vad som är anledningen till dessa otillförlitliga resultat klarnade inte, och därför togs beslutet att inte analysera resultaten från vilomätningarna över huvud taget.

6.3 Studiens relevans för arbetslivet

Smarttextilier används redan i en viss utsträckning både inom idrott och rehabilitering, men användningsområdet kan ännu utvecklas. Tack vare att smartshortsen är lätta att använda och investeringskostnaderna är relativt låga kan de fungera som ett mycket brukbart hjälpmedel vid testningssituationer också ute på fältet. Muskelbalans har en stor effekt på människans fysiska förmåga och genom att testa idrottares balans i muskelaktiviteten genom funktionella fysiska tester strävar man efter att kunna förutse skaderisken. Smartshortsen ett stort mervärde vid muskeltesterna i och med att man inte bara får ett direkt testresultat, utan även information om hur de båda benen arbetar i förhållande till varandra och hur fram- och baklår aktiveras i förhållande till varandra. På så vis kan

eventuella avvikelser upptäckas och resultaten av testerna kan beaktas i träningsplaneringen och därigenom kan man minska risken för skador och samtidigt optimera träningen. För att smartshortsen ska kunna utnyttjas till fullo, krävs det dock att muskeltesterna är ändamålsenliga och tillförlitliga. För att testresultaten ska vara reliabla och användbara är mätmetodens utformning av stor vikt och det förutsätter evidensbaserade undersökningar. Genom att pilottesta mätmetoderna innan undersökningen genomförs i stor skala kan man evaluera metodernas validitet och reliabilitet och på så vis utveckla utformningen möjligast väl.

7 KONKLUSION

Syftet med studien var att evaluera olika muskeltester, som möjligen kan användas som mätmetoder för att analysera muskelaktiviteten i de nedre extremiteterna med hjälp av smartshorts. Därtill undersöktes hur tidigare skada i någondera nedre extremiteten påverkar muskelaktiviteten (EMG). Resultaten visar att knäböj är en välfungerande och tillförlitlig testmetod. Både knäböjstest under en minuts tid och med 10 repetitioner är trovärdiga tester som mycket väl kan rekommenderas för ändamålet. Figur 8-löpning och stående längdhopp är däremot svårare att praktiskt genomföra på ett tillförlitligt sätt och mätresultaten från dessa tester är inte lika tillförlitliga. När det gäller tidigare skadas inverkan på muskelaktiviteten kan man konstatera att det fanns betydande skillnader i muskelaktivitetsbalansen mellan de skadefria testdeltagarna och de som hade haft skada. Tidigare skada tog sig dock olika uttryck, då den bland vissa testdeltagare innebar en ökad muskelaktivitet i den skadade extremiteten och bland andra en sänkt muskelaktivitet. Anledningen till detta är ännu oklar och fler studier med ett större underlag testdeltagare behövs inom området.

KÄLLOR

- Bahr, R; Engebretsen, L. 2010, *Undvik idrottsskador: preventionsinsatser vid träning och tävling*. Stockholm: SISU idrottsböcker. 294 s.
- Bahr, R; Holme, I. 2003, Risk factors for sports injuries – a methodological approach. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5): 384-92.
- Behnke, R. S; Glad, A; McAlexander, J. M. 2015, *Anatomi för idrotten: fakta om rörelseapparaten*. 2. Uppl. Stockholm: SISU idrottsböcker. 320 s.
- Bengs, D. 2016, *Mätning av smarttextiliernas reliabilitet över tid*. Examensarbete, Helsingfors: Yrkehögskolan Arcada.
- Bojsen-Møller, F; Dyhre-Poulsen, P. 2000, *Rörelseapparatus anatomi*. Stockholm: Liber. 381 s.
- Caterisano, A; Moss, R. E; Pellingier, T. K; Woodruff, K; Lewis, V. C; Booth, W; Khadra, T. 2002, The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(3), 428-432.
- Christensen, R. 2012, *Anatomi och fysiologi för sjuksköterskor och annan hälso- och sjukvårdspersonal*. Edinburgh: Pearson Education Limited. 438 s.
- Clark, D. R; Lambert, M. I; Hunter, A. M. 2012, Muscle activation in the loaded free barbell squat: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 1169-1178.
- Codex. 2016, *Forskning som involverar människan*. Tillgänglig: <http://www.codex.vr.se/forskningmanniska.shtml>. Hämtad 9.3.2017.
- Coombs, R; Garbutt, G. 2002, Developments in the use of the hamstring/quadiceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(3), 56-62.
- Croisier, J. L; Ganteaume, S; Binet, J. Genty, M; Ferret, J. M. 2008, Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1469-1475.
- Dahlgren, P. M. 2017, *P-värden och hur man tolkar dem*. Tillgänglig:

<https://peterdalle.github.io/p-values.html>. Hämtad 30.6.2017.

Darrow, C. J; Collins, C. L; Yard, E. E; Comstock, R. D. 2009, Epidemiology of severe injuries among United States high school athletes 2005–2007. *The American journal of sports medicine*, 37(9), 1798-1805.

Ejlertsson, G. 2005, *Enkäten i praktiken – En handbok i enkätmetodik*. 2 uppl. Lund: Studentlitteratur. 157 s.

Faskunger, J; Sjöblom, P. (red). 2017, *Idrottens samhällsnytta: En vetenskaplig översikt av idrottsrörelsens mervärden för individ och samhälle*. Riksidrottsförbundets FoU-rapport 2017:1. Tillgänglig: http://www.rf.se/globalassets/riksidrottsforbundet/dokument/idrottens-samhallsnytta/rapport-2017_1.pdf. Hämtad 10.5.2017.

Finni, T; Hu, M; Kettunen, P; Vilavuo, T. & Cheng, S. 2007, Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. *Physiological measurement*, 28(11), 1405.

Folksam. 2017, *Knäskador vanligast i fyra av fem populära lagidrotter – och störst risk för skador i handboll*. Tillgänglig: <http://feed.ne.cision.com/wpyfs/00/00/00/00/00/3D/E2/43/wkr0006.pdf>. Hämtad 1.6.2017.

Forskningsetiska delegationen. 2013, *God vetenskaplig praxis*. Tillgänglig: <http://www.tenk.fi/sv/god-vetenskaplig-praxis-anvisningar/god-vetenskaplig-praxis>. Hämtad 28.2.2017.

Gustavsson, K-Å. 2007, *Vägen till elit: Tester*. Svenska Ishockeyförbundet. Tillgänglig: http://www.swehockey.se/globalassets/svenska-ishockeyforbundet-hockeyakademien/dokument/utbildningsmaterial/2_tester.pdf Hämtad 30.11.2016

Gustavsson, R; Eklund, F. 2011, *Styrkeförhållandet mellan knäflexorer och knäextensorer*. Examensarbete, Eskilstuna: Mälardalens högskola.

Haug, E; Sand, O; Sjaastad, Ø. V; Bjernerøth, G; Svensson, B. A; Toverud, K. C. 1993, *Människans fysiologi*. Stockholm: Liber utbildning. 526 s.

Hewett, T.E; Myer, G.D; Ford, K.R. 2001, Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Current women's health reports*, 1(3), 218-224.

Hoffman, J. 2006, *Norms for fitness, performance, and health*. Champaign: Human Kinetics. 232 s.

- Joutjärvi, T. 2014, *Monikanavaelektrodilla mitattu alueellinen lihasaktiivisuus eri nivelkulmilla isometrisessä tahdonalaisessa ja sähköstimulaatiolla aiheutetussa lihastyössä*. Pro Gradu, Jyväskylä: Jyväskylän Yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Junge, A; Dvorak, J. 2000, Influence of definition and data collection on the incidence of injuries in football. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(suppl 5), s. 40-6.
- Junttila, H. 2005, Liikuntavammat ovat enimmäkseen turhia. *Mediuutiset*, 18.3.2005.
Tillgänglig: <http://www.mediuutiset.fi/uutisarkisto/liikuntavammat-ovat-enim-makseen-turhia-6072368>. Hämtad 10.5.2017.
- Jylhä, A; Kinnunen, K. 2004, *Palomiehen fyysisen kunnon työkykytesti*. Kuopio: Pelastusopiston julkaisuja.
- Karhula, K; Pakkanen, S. 2005, *Uusiutuneiden ja urheilu-uran päättymiseen Johtaneiden urheiluvammojen reliabiliteetti ja validiteetti urheiluvammakyselyssä*. Pro Gradu, Jyväskylä: Jyväskylän Yliopisto, Terveystieteiden laitos.
- Karlsson, J. 2011, Skador hos unga idrottare. *Svensk Idrottsforskning* 4/2011.
Tillgänglig: <http://centrumforidrottsforskning.se/wp-content/uploads/2014/04/Skador-unga-idrottare.pdf>. Hämtad 1.6.2017.
- Keskinen, K; Häkkinen, K; Kallinen, M. 2007, *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. Uppl. Helsingfors: Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 161. 304 s.
- Konttinen A; Kangasvieri, M. 2014, *Myontec – sensorivaateteknologian avulla mitatun EMG-aktiivisuuden käyttäytyminen kuormitukseltaan nousujohteisessa jalkakyykytestissä*. Examensarbete, Lahtis: Haaga-Helia, Liikunnan ja vapaa-ajan koulutus.
- Marchetti, P. H; Jarbas da Silva, J; Jon Schoenfeld, B; Nardi, P. S. M; Pecoraro, S. L; D'Andréa Greve, J. M; Hartigan, E. 2016, Muscle Activation Differs between Three Different Knee Joint-Angle Positions during a Maximal Isometric Back Squat Exercise. *Journal of Sports Medicine*.
- Orton, 2017. Tillgänglig: www.orton.fi. Hämtad 21.8.2017.
- Pasanen, K. 2009, *Floorball injuries. Epidemiology and injury prevention by neuromuscular training*. Tammerfors: Tampere University Press.
- Parkkari, J. 2015, Liikuntatapatuurnat Suomessa. I: UKK-Institutet.

Terveysliikuntauutiset 2015. Tammerfors: UKK-Institutet, s. 3-4 (33).

Tillgänglig: <http://www.ukkinstituutti.fi/filebank/1801-TLuutiset2015.pdf>.

Hämtad 10.5.2017.

Pihlainen, K; Santtila, M; Ohrankämmen, O; Ilomäki, J; Rintakoski, M; Tiainen, S.
2009, *Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja*. Helsingfors: Edita Prima.

Ristolainen, L. H. 2012, *Sports injuries in Finnish elite cross-country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players*. Jyväskylä: University of Jyväskylä. 91 s.

Rosene, J. M; Fogarty, T. D; Mahaffey, B. L. 2001, Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of athletic training*, 36(4), 378.

SENIAM, *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*. 1999.
Tillgänglig: www.seniam.org. Hämtad 10.1.2017.

Sernert, N. 2010, Könsaspekter på främre korsbandsskador. *Svensk idrottsforskning*, 2010, 3: 54-57.

Suni, J; Husu, P; Rinne, M. 2010, *Kuntoa terveydeksi: Aikuisten ALPHA-FIT terveystestit 18–69-vuotiaille*. Tillgänglig: http://www.ukkinstituutti.fi/filebank/495-Alpha_testaajan_opas.pdf. Hämtad 30.11.2016.

Thomeé, R; Swärd, L; Karlsson, J. 2011, *Nya motions-och idrottsskador och deras rehabilitering*. Stockholm: SISU idrottsböcker. 344 s.

UKK-Institutet. 2015, *Liikuntatapatuimat Suomessa*. Tillgänglig:
http://www.ukkinstituutti.fi/tietoa_terveysliikunnasta/liikunnan_vaikutukset/liikuntatapatuimat Hämtad 3.1.2017.

Van Teijlingen, E. & Hundley, V. 2002, The importance of pilot studies. *Nursing standard*, 16(40), 33-36.

Vilavuo, T. 2007, *Summaavan EMG-mittauksen käyttö anaerobisen kynnysrajan määrittämiseen ja kestävyysharjoittelun seurantaan*. Pro gradu, Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

BILAGA 1. INFORMERAT SAMTYCKE

OBALANS I MUSKELAKTIVITETEN I NEDRE EXTREMITETERNA OCH SAMBANDET MED IDROTTSSKADOR

INFORMATION OM UNDERSÖKNINGEN

Undersökningen fungerar som ett pilotprojekt inför kommande forskning i samarbete mellan Yrkeshögskolan Arcada och Ortons sjukhus. Den kommande forskningen gäller användningen av sensorshorts vid kartläggningen av riskfaktorer för skador i nedre extremiteterna bland idrottare. I denna pilotundersökning evalueras testerna som ska användas vid kartläggningen. Deltagarna i undersökningen består av studerande vid Yrkeshögskolan Arcada.

Undersökningen består av ett knäböjstest, ett hopptest samt ett figur 8-löptest. Före de fysiska testerna börjar fyller testdeltagarna i ett frågeformulär, längd samt vikt kontrolleras och det görs en mätning av muskelaktiviteten i vila. Testerna föregås även av en kort uppvärmning. Syftet med testerna är att analysera om ovannämnda metoder lämpar sig för att mäta muskelaktivitet och –balans i fram- och baklår med hjälp av sensorshorts. Ingen särskild förberedelse krävs av deltagarna. Testerna beräknas ta cirka 30 minuter.

Sensorshortsen registrerar elektriska spänningsförändringar i musklerna med hjälp av elektroder som är insydda i shortsens. Spänningsförändringarna mäts på hudens yta. Det är en smärtfri metod och det innebär ingen särskild risk av att använda shortsens. Irritation i huden av ytelektroderna är sällsynt.

Deltagandet i undersökningen är helt frivilligt. Deltagarna har rätt att när som helst avbryta undersökningen utan att uppge någon speciell orsak. All information som samlas in under undersökningen är anonym och uppgifterna behandlas konfidentiellt. Resultaten som registreras av sensorshortsen flyttas i realtid till en dator och enbart undersökningsgruppen har tillgång till uppgifterna. Dessa data lagras i Arcadas forskningsenhet, som är låst. Resultaten av undersökningen kommer att presenteras som ett examensarbete i Theseus. Resultaten presenteras inte i något skede på personlig nivå, utan all data behandlas som statistiska helheter.

Vi önskar att ni vill delta i vår pilotundersökning. För att anmäla intresse eller för vidare uppgifter, vänligen ta kontakt.

Sara Clärk
Fysioterapiststuderande
sara.clark@arcada.fi
Tel. 044 2386404

Handledare:
Thomas Hellstén
thomas.hellsten@arcada.fi
Tel. 040 7733154

SAMTYCKE

Jag har blivit ombedd att delta i en undersökning som utförs vid Yrkes-
högskolan Arcada. Jag har fått muntlig information om undersökningens
gång, läst igenom och förstått undersökningens informationsbrev och fått
tillfredsställande svar på de frågor jag haft angående undersökningen.

Jag godkänner mitt deltagande i undersökningen "Obalans i muskelakti-
viteten i nedre extremiteterna och sambandet med idrottsskador – pilotstu-
die av mätmetoder". Jag förstår att mitt deltagande i denna undersökning
är helt frivilligt. Jag har rätt att när som helst avbryta mitt deltagande i
undersökningen och jag behöver inte uppge någon speciell orsak till det.
Jag är medveten om att all information samlas in under undersökningen
är anonym och att det inte går att känna igen någon från den.

Jag intygar att jag är frisk och inte har någon skada eller sjukdom som
utgör en risk då jag deltar i undersökningen.

Datum och ort: _____

Underskrift: _____

Namnförtydligande: _____

FORSKAREN

Jag intygar att jag delgett ovanstående person information om studien,
dess utformning samt behandlingen av uppgifterna. Det bekräftade sam-
tycket har mottagits:

Datum och ort: _____

Underskrift: _____

Sara Clärk

BILAGA 2. PROTOKOLL FÖR MÄTNINGARNA

PROTOKOLL FÖR MÄTNINGARNA:

Allmänna råd:

"Du har nu klätt på dig sensorshortsen. Se till att de sitter bra. Shortsen har insydda elektroder som mäter lårens muskelaktivitet. Datat flyttas i realtid till datorn och sparas där för vidare analys. Du har fått information om undersökningen och är medveten om att du när som helst kan avbryta undersökningen utan att motivera ditt beslut."

"Mätningarna utförs likadant åt alla. Jag läser direktiven för hur testerna ska utföras, så att alla deltagare ska få samma information inför mätningarna. Inför varje test säger jag åt dig vad du ska göra och när mätningen startar. Om du inte förstår instruktionerna, så fråga omedelbart. Känns det klart så här långt eller har du frågor?"

Vägning och mätning:

Väg och mät testpersonen och anteckna resultaten.

Mätning av muskelaktivitet i vila:

Testpersonens muskelaktivitet i vila mäts genom att personen ligger stilla på rygg i en minuts tid och försöker slappna av.

"Vi ska börja med att mäta din muskelaktivitet i vila. Mätningen utförs under en minuts tid. Lagg dig ner och slappna av, blunda gärna. Ligg så stilla som möjligt. Jag säger till när du får resa dig upp igen".

Uppvärmning och vilotider:

Innan de fysiska testerna inleds värmer testpersonen självständigt upp i 5 minuter på cykelergometer, med en frekvens på 60-70 varv per minut.

"Innan testerna inleds börjar vi med fem minuter uppvärmning på cykelergometer. Cykla med en takt på 60-70 varv per minut."

Vilotiden mellan de olika fysiska testerna är cirka fem minuter.

"Mellan de olika testerna har du cirka fem minuters tid för återhämtning".

Knäböj:

Knäböjstestet utförs under en minuts tid utan tilläggsvikter. Resultaten antecknas både för hela minuten samt för de tio första hukningarna separat. Testpersonen står med fötterna i axelbredd, fötterna kan vara i lätt utåtrotation. Händerna hålls på höften och ryggen hålls rak. Hälarna får inte lyfta från underlaget och hukningarna utförs i ett lugnt och kontrollerat tempo. Takten kontrolleras med hjälp av en metronom som är inställd på 64 slag/minut, vilket ger 32 hukningar / minut. Knäböjen utförs så djupt att testpersonens knä- och höftled är i vågrät linje i det nedre läget. Detta kontrolleras genom att testpersonens rumpa ska snudda en bänk i det nedre läget. Bänkens höjd justeras innan testet inleds. I det övre läget ska höften sträckas ut helt.

”Det första testet består av ett knäböjstest. Testet utförs under en minuts tid. Stå med fötterna i axelbredd. Håll händerna på höfterna och håll ryggen rak genom testet. Gör knäböjen så djupt att din rumpa snuddar vid bänken i det nedre läget. Sträck höften och knäna helt i det övre läget. Testet görs i kontrollerad takt, varje knäböj görs som en egen prestation. Hälarna får inte stiga från underlaget. Testet börjar på kommandot redo – start och avslutas på kommandot stop.”

Starta mätningen. Vid kommandot ”start” startas tidtagningen och en marker klickas in. Efter att den tionde hukningen utförts klickas en ny marker in. Då en minut har gått klickas en ny marker in och stop-kommando ges. Därefter stängs mätningen av.

Figur 8-löpning:

Banan märks ut med hjälp av två koner, som står på ett avstånd av 10 meter från varandra. Start- och mållinje finns vid ändan av den ena konen, märkt med tejp. På kommandot ”redo – start” löper testpersonen runt banan genom att runda den bortre konen och korsar mållinjen vid den första konen. Före testet får testpersonen vänja sig med banan genom att springa igenom den ett varv.

”Följande test går ut på att springa banan i form av en åtta så snabbt som möjligt. Starta på kommandot redo - start. Runda den bortre konen så nära som möjligt och runda också konen vid startlinjen på vägen tillbaka. Klockan stannas när du korsar start-/mållinjen”.

Sätt igång mätningen, klicka in en marker vid kommandot start. Samtidigt startas tidtagningen. Då testpersonen korsar mållinjen klickas en ny marker in och tidtagningen stoppas. Därefter stängs mätningen av. Anteckna tiden för löpningen.

Stående längdhopp:

Testpersonen står med fötterna lätt isär och tårna bakom en markeringslinje, som är märkt med tejp. Därefter utförs ett jämfotahopp. Hoppet startar med händerna upp i luften. Därifrån tar testdeltagaren fart genom att svänga armarna bakåt och svikta i knäna, och genomför ett så långt hopp som möjligt. Även landningen ska ske jämfota, på fötterna och testpersonen stannar upp rörelsen i landningen. Testpersonen får utföra ett övningshopp före mätningen.

”Det tredje och sista testet är stående längdhopp. Stå med fötterna lätt isär och tårna bakom markeringslinjen. Hoppet startar med händerna rakt upp i luften. Ta därifrån fart genom att svänga armarna bakåt och svikta i knäna. Hoppa så långt som möjligt. Landningen ska ske i jämfota, på fötterna. Bromsa rörelsen i landningen och stå kvar. Du får inleda hoppet på kommandot start.”

Sätt igång mätningen. På kommandot start, klicka in en marker. När testpersonen landat, klicka in en ny marker och stäng av mätningen. Notera hoppets längd med en centimeters noggrannhet från avsprångslinjens framkant till den punkt där den bakre fotens häl landar.

BILAGA 3. FRÅGEFORMULÄR

FRÅGEFORMULÄR

A. Bakgrundsinformation:

Namn: _____

Åder: _____

Längd: _____ cm

Vikt: _____ kg

Kön:

Kvinna ☐

Man ☐

Dominant fot:

Höger ☐

Vänster ☐

B. Idrott:

Hur mycket tränar du i medeltal per vecka, all fysisk träning inkluderat?

_____ timmar / vecka

_____ träningspass / vecka

Vilken är din huvudsakliga idrottsgren eller -grenar?

Hur mycket tränar du i medeltal per vecka på din huvudgren?

_____ timmar / vecka

_____ träningspass / vecka

Hur många år har du aktivt tränat din huvudgren (minst 2 ggr/vecka)?

_____ år

Tävlrar du inom din idrott?

Ja ☐

Nej ☐

Om ja, hur många tävlingar har du deltagit i under det senaste året?

_____ tävlingar

Hur lång är din huvudsakliga tävlingssäsong per år? Om ett år innehåller flera tävlingssäsonger, räkna ihop den sammanlagda tiden.

_____ månader

C. Skador:

Frågorna gällande skador består av två olika delar: C1 gäller skador under det senaste året och C2 gäller tidigare skador (över 12 månader gamla). Alla frågor gäller skador som krävt läkarbesök.

C1. Skador under det senaste året

Har du *under det senaste året* haft en idrottsskada i ländryggen eller nedre extremiteterna som krävt läkarbesök?

Ja

☐

Nej

☐

Om du inte har haft någon skada under det senaste året kan du gå vidare till del C2.

Om ja, i vilken kroppsdel har du haft skadan (t.ex. knä, vrist, ländrygg) och vilken typ av skada? Om du har haft flera skador, beskriv den senaste.

Har skadan varit en:

☐

Överbelastningsskada (skadan har uppstått gradvis och man kan inte peka på någon specifikt trauma som utlösande faktor)

☐

Akut skada (skadan har uppstått plötsligt och har en tydlig orsak)

Har skadan krävt:

☐

Operation

☐

Immobilisering

☐

Modifiering av träning

Inverkar skadan på din funktionsförmåga eller idrott i dagens läge? På vilket sätt?

C2. Tidigare skador (över 12 månader gamla)

Har du *under tidigare år* haft en idrottsskada i ländryggen eller nedre extremiteterna som krävt läkarbesök?

Ja

☐

Nej

☐

Om ja, i vilken kroppsdel har du haft skadan och vilken typ av skada? När har den inträffat?

Har skadan varit en:

☐

Överbelastningsskada (skadan har uppstått gradvis och man kan inte peka på någon specifikt trauma som utlösande faktor)

☐

Akut skada (skadan har uppstått plötsligt och har en tydlig orsak)

Har skadan krävt:

☐

Operation

☐

Immobilisering

☐

Modifiering av träning

Inverkar skadan på din funktionsförmåga eller idrott i dagens läge? På vilket sätt?

Underskrift

Datum och ort: _____

Underskrift: _____

Namnförtydligande: _____

BILAGA 4. DET ETISKA FORSKNINGSLOVET



Arcada University of Applied Sciences, Helsinki, FIN
The ethics committee (Etiska rådet)

Decision:

Research plan:

Obalans i muskelaktiviteten i nedre extremiteterna och sambandet med idrottsskador –
Pilotstudie av mätmetoder.

Supervisor:

Thomas Hellstén, PT, Master of health care

Student:

Sara Clärk, Physiotherapy

Institution:

Arcada University of Applied Sciences

The ethics committee has evaluated the research plan on 16th of February 2017, and has approved the plan.

Helsinki 16th of February, 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jyrki Kettunen".

Jyrki Kettunen
Chair of the committee